

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-106340  
(P2000-106340A)

(43) 公開日 平成12年4月11日 (2000.4.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 8 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
		H 0 1 L 21/30	5 1 6 B

審査請求 未請求 請求項の数81 F D (全 53 頁)

(21) 出願番号 特願平10-290053

(22) 出願日 平成10年9月28日 (1998.9.28)

(31) 優先権主張番号 特願平9-279500

(32) 優先日 平成9年9月26日 (1997.9.26)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-226500

(32) 優先日 平成10年7月27日 (1998.7.27)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100102901

弁理士 立石 篤司 (外1名)

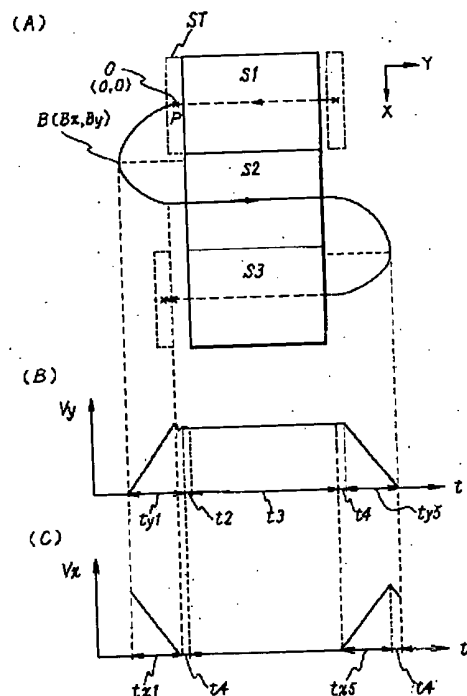
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置及び走査露光方法、並びにステージ装置

(57) 【要約】

【課題】 走査型露光装置のスループットの向上を図る。

【解決手段】 感応基板上の複数のショット領域 (S1、S2等) に順次マスクのパターンを転写するに際し、あるショットS1の走査露光終了後に、図8 (B) の基板の露光終了後の次ショットS2露光のための助走動作 (ショットの露光時間 (t3) の前後のプリスキャン、オーバースキャン) と図8 (C) の次ショット露光のための非走査方向へのステッピング動作とが同時並行的に行われ、かつステッピング動作が次ショット露光前のマスクと基板の同期整定期間 (t2) の前に終了するように、基板を移動制御する。この結果、基板は図8 (A) の実線の曲線のような経路に沿って照明スリット S T 中心に対して相対走査され、コの字の経路に沿って移動されていた従来例に比べ、ショットS1の露光からショットS2の露光の間の移動時間が短縮される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクと感応基板とを同期移動させることにより、前記感応基板上の複数のショット領域に前記マスクのパターンを順次転写する露光装置であつて、前記感応基板を保持して 2 次元平面内を移動する基板ステージと；前記マスクを保持して移動可能なマスクステージと；前記基板ステージの露光終了後の次ショット露光のための助走動作と次ショット露光のための非走査方向へのステッピング動作とが同時並行的に行われ、かつ前記非走査方向へのステッピング動作が次ショット露光前の前記両ステージの同期整定期間の前に終了するように、前記両ステージを制御するステージ制御系とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記ステージ制御系は、前ショット露光後の前記マスクステージの等速移動時間と減速時間とから成るオーバースキャン時に対応する前記基板ステージの非走査方向の加速度が、次ショットの露光開始前の前記マスクステージのブリスキャン時に対応する部分の前記基板ステージの非走査方向の減速度より絶対値が大きくなるように前記両ステージを制御することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】 基板上の複数の区画領域にマスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記マスクと前記基板とを同期移動して、前記複数の区画領域の 1 つを走査露光し、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に関して前記 1 つの区画領域と隣接する別の区画領域を走査露光するために、前記 1 つの区画領域の走査露光終了後の前記基板の前記第 2 方向へのステッピング動作が終了する前に前記基板の前記第 1 方向への加速を開始することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 4】 前記基板は、前記別の区画領域の走査露光前に、前記加速によって前記第 1 及び第 2 方向に対して斜めに移動され、かつ前記第 1 方向の移動速度が前記基板の感度特性に応じた速度に設定されることを特徴とする請求項 3 に記載の走査露光方法。

【請求項 5】 前記 1 つの区画領域の走査露光終了後に、前記別の区画領域を走査露光するために必要な助走距離だけ前記基板が前記第 1 方向に離れるまで、前記基板を前記第 1 方向については減速させつつ前記第 2 方向に移動させることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の走査露光方法。

【請求項 6】 前記基板は、前記 1 つの区画領域の走査露光と前記別の区画領域の走査露光との間で、前記第 1 方向の速度成分と前記第 2 方向の速度成分との少なくとも一方が零とならないように移動されることを特徴とする請求項 3 ～ 5 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 7】 前記基板は、前記 1 つの区画領域の走査露光と前記別の区画領域の走査露光との間で、前記第 1 方向の移動速度が零となる前記第 2 方向の位置が前記 1

つの区画領域よりも前記別の区画領域に近くなるように移動されることを特徴とする請求項 3 ～ 6 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 8】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向とほぼ直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とをそれぞれ前記マスクのパターンで走査露光する方法において、

前記第 1 区画領域の走査露光終了後に、前記基板の第 1 方向の移動速度が零となるまで、前記基板を減速させつつ前記第 2 方向に移動し、かつ前記第 2 区画領域の走査露光前に、前記基板を前記第 1 方向に加速させつつ前記第 2 方向に移動することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 9】 前記第 1 方向の移動速度が零となる前記基板の前記第 2 方向の位置を、前記第 2 方向における前記第 2 区画領域の両端の間に設定することを特徴とする請求項 8 に記載の走査露光方法。

【請求項 10】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向とほぼ直交する第 2 方向に配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とにそれぞれ前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の走査露光後に、前記基板をその移動軌跡がほぼ放物線になるように移動した後、前記マスクのパターンで前記第 2 区画領域を走査露光することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 11】 前記放物線の頂点における前記基板の前記第 2 方向の位置を、前記第 1 区画領域よりも前記第 2 区画領域側に設定することを特徴とする請求項 10 に記載の走査露光方法。

【請求項 12】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向とほぼ直交する第 2 方向に配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とにそれぞれ前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の走査露光終了後の前記基板の減速中、及び前記第 2 区画領域の走査露光前の前記基板の加速中に、前記基板を前記第 1 及び第 2 方向と交差する方向に移動することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 13】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の走査露光終了後、前記基板の前記第 2 方向の位置が前記第 2 区画領域の前記第 2 方向の位置と一致する前に、前記第 2 区画領域の走査露光のための前記基板の加速を開始することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 14】 前記第 1 区画領域の走査露光終了後、

前記基板の前記第 1 方向の速度成分が零となる前に前記基板を前記第 1 方向に対して斜めに移動し、かつ前記基板の加速開始直後は、前記第 1 及び第 2 方向の各速度成分が零とならないように前記基板を移動することを特徴とする請求項 13 に記載の走査露光方法。

【請求項 15】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の走査露光終了後の前記基板の前記第 2 方向の速度成分が零となる前に、前記第 2 区画領域の走査露光のための前記基板の加速を開始することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 16】 前記基板は、前記第 1 方向に関して加速され、かつ前記第 2 方向に関して減速されることを特徴とする請求項 14 に記載の走査露光方法。

【請求項 17】 前記第 1 区画領域の走査露光終了後の前記基板の前記第 1 方向の速度成分が零となる前に、前記基板の前記第 2 方向への加速を開始することを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載の走査露光方法。

【請求項 18】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第 1 区画領域の走査露光終了後に前記基板の前記第 1 方向の速度成分が零となる前記基板の前記第 2 方向の位置を、前記第 2 区画領域の前記第 2 方向の位置よりも前記第 1 区画領域側とし、かつ前記第 2 区画領域を走査露光するために、前記第 1 及び第 2 方向に対して斜めに前記基板を移動することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 19】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の第 1 走査露光と前記第 2 区画領域の第 2 走査露光とで前記基板を逆向きに移動するために、前記第 1 走査露光終了後に前記基板の前記第 1 方向の速度成分を零とし、かつ前記第 2 走査露光に先立って前記第 1 及び第 2 方向の各速度成分が零とならないように前記基板を加速することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 20】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の第 1 走査露光と前記第 2 区画領域の第 2 走査露光との間、前記第 1 走査露光終了後の前記第

1 方向の速度成分が零となる前記基板の前記第 2 方向の位置が、前記第 1 区画領域の前記第 2 方向の位置と前記第 2 区画領域の前記第 2 方向の位置との間になるように前記基板を移動することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 21】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の第 1 走査露光と前記第 2 区画領域の第 2 走査露光との間の前記基板の移動軌跡がほぼ放物線状となるように、前記第 1 走査露光後の前記基板の減速中、及び前記第 2 走査露光前の前記基板の加速中、前記第 2 方向の速度成分を零とすることなく前記基板を移動することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 22】 前記第 1 走査露光の終了直後、及び前記第 2 走査露光の開始直前は、前記基板の前記第 2 方向の速度成分をほぼ零とすることを特徴とする請求項 21 に記載の走査露光方法。

【請求項 23】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の第 1 走査露光と前記第 2 区画領域の第 2 走査露光との間、前記第 1 走査露光終了後の前記基板の前記第 1 方向の速度成分が零となる前に、前記基板の前記第 2 方向への加速を開始し、かつ前記基板の前記第 2 方向の速度成分が零となる前に、前記基板の前記第 1 方向への加速を開始することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 24】 前記基板の前記第 1 方向への加速は、前記第 2 方向に関する前記基板の減速中に開始されることを特徴とする請求項 23 に記載の走査露光方法。

【請求項 25】 前記基板の前記第 2 方向への加速は、前記第 1 走査露光終了後の前記基板の減速中に開始されることを特徴とする請求項 23 又は 24 に記載の走査露光方法。

【請求項 26】 前記第 1 区画領域の走査露光と前記第 2 区画領域の走査露光との間で前記基板を前記第 2 方向に移動するとき、前記基板の加速時と減速時とでその加速度の絶対値を異ならせることを特徴とする請求項 8～25 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 27】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向とほぼ直交する第 2 方向に配列される前記基板上の第 1 及び第 2 区画領域にそれぞれ前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、

前記第 1 区画領域の第 1 走査露光と前記第 2 区画領域の第 2 走査露光との間で前記基板を前記第 2 方向に移動す

るときに、前記基板の加速時と減速時とでその加速度の絶対値を異ならせることを特徴とする走査露光方法。

【請求項 28】 前記第 1 走査露光後で前記基板の第 1 方向の減速中に前記基板の前記第 2 方向の加速を開始し、前記第 2 走査露光前で前記基板の第 1 方向の加速中に前記基板の前記第 2 方向の減速を開始することを特徴とする請求項 27 に記載の走査露光方法。

【請求項 29】 前記基板は、前記第 1 走査露光と前記第 2 走査露光との間で停止することなく移動されることを特徴とする請求項 27 又は 28 に記載の走査露光方法。

【請求項 30】 前記基板は、前記第 1 方向の速度成分が零となる前後で前記第 2 方向の加減速がそれぞれ開始されることを特徴とする請求項 29 に記載の走査露光方法。

【請求項 31】 前記基板の減速時よりも加速時で前記第 2 方向の加速度の絶対値を大きくすることを特徴とする請求項 26～30 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 32】 前記基板は、前記第 1 区画領域の走査露光と前記第 2 区画領域の走査露光との間で停止することなく移動されることを特徴とする請求項 8～26 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 33】 前記第 2 区画領域の走査露光に先立つ前記マスクと前記基板との同期整定前に、前記基板の前記第 2 方向の速度成分をほぼ零にすることを特徴とする請求項 8～32 に記載の走査露光方法。

【請求項 34】 前記マスクは、前記基板が前記第 1 方向に沿って逆向きに移動される前記第 1 区画領域の走査露光と前記第 2 区画領域の走査露光とで、往復移動されることを特徴とする請求項 10～33 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 35】 前記基板は、前記マスクのパターンを転写すべき前記基板上の全ての区画領域の走査露光が終了するまで、前記第 1 及び第 2 方向の両方でその速度成分が同時に零とならないように移動されることを特徴とする請求項 10～34 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 36】 基板上の区画領域毎にマスクと前記基板とを同期移動して、前記基板上の複数の区画領域に前記マスクのパターンを順次転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査露光方法において、前記マスクの往復移動によって前記マスクのパターンが転写される前記基板上の 2 つの区画領域の走査露光間で前記基板を停止することなく移動することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 37】 前記基板は、前記マスクのパターンを転写すべき前記基板上の最後の区画領域の走査露光が終了するまで、前記基板が同期移動される第 1 方向、及びそれと直交する第 2 方向の少なくとも一方の速度成分が

零とならないように移動されることを特徴とする請求項 36 に記載の走査露光方法。

【請求項 38】 前記マスクは、前記走査露光時に前記基板の前記第 2 方向の速度成分が零となる前に加速が開始されることを特徴とする請求項 3～37 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 39】 前記走査露光前の前記基板の加速時と、前記走査露光後の前記基板の減速時との少なくとも一方で、前記基板をその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に従って前記第 1 方向に移動することを特徴とする請求項 3～38 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 40】 前記走査露光前の前記マスクの加速時と、前記走査露光後の前記マスクの減速時との少なくとも一方で、前記マスクをその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に従って移動することを特徴とする請求項 3～39 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 41】 前記基板又は前記マスクは、その加速時に前記加速度変化曲線に従って移動されることを特徴とする請求項 39 又は 40 に記載の走査露光方法。

【請求項 42】 前記基板又は前記マスクは、その減速時に一定の加速度で減速されることを特徴とする請求項 41 に記載の走査露光方法。

【請求項 43】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板上の 1 又は 2 以上の区画領域に前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、前記各区画領域に対する走査露光に際して、前記マスクと前記基板との同期移動に先立って、前記マスク及び前記基板の少なくとも一方を、その加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて前記同期移動方向に沿って加速することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 44】 前記基板が同期移動される第 1 方向に直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写するに際し、前記第 1 区画領域の走査露光終了後の前記基板の第 1 方向の減速中及び前記第 2 区画領域の走査露光前の前記基板の第 1 方向の加速中に、前記基板を前記第 1 及び第 2 方向と交差する方向に移動することを特徴とする請求項 43 に記載の走査露光方法。

【請求項 45】 マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第 1 方向に直交する第 2 方向に沿って配列される前記基板上の第 1 区画領域と第 2 区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、

少なくとも前記第 1 区画領域に対する走査露光に際して、前記マスク及び前記基板の少なくとも一方を、前記マスクと前記基板との同期移動に先立ってその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて前

記第 1 方向に沿って加速するとともに、前記同期移動の終了後に一定減速度で前記第 1 方向に沿って減速することを特徴とする走査露光方法。

【請求項 4 6】 前記第 1 区画領域の走査露光終了後の前記基板の第 1 方向の減速中及び前記第 2 区画領域の走査露光前の前記基板の第 1 方向の加速中に、前記基板を前記第 1 及び第 2 方向と交差する方向に移動することを特徴とする請求項 4 5 に記載の走査露光方法。

【請求項 4 7】 前記基板が同期移動される第 1 方向、及びこれに直交する第 2 方向のうち、少なくとも第 2 方向については、前記第 2 方向と異なる方向の第 1 測長ビームを用いて前記基板の位置制御を行うことを特徴とする請求項 3～4 6 のいずれか一項に記載の走査露光方法。

【請求項 4 8】 前記第 1 方向とほぼ平行な第 2 測長ビームを用いて、前記第 1 方向における前記基板の位置制御を行うことを特徴とする請求項 4 7 に記載の走査露光方法。

【請求項 4 9】 前記第 1 及び第 2 方向と交差し、かつ前記第 1 測長ビームと異なる方向の第 3 測長ビームを用いて、前記基板の位置制御を行うことを特徴とする請求項 4 7 又は 4 8 に記載の走査露光方法。

【請求項 5 0】 定盤と；前記定盤に対して相対移動が可能であるとともに基板をそれぞれ保持する少なくとも 2 つの第 1 可動体と；前記各第 1 可動体とその上部に配置されるとともに、前記定盤上に配置され、かつ前記定盤及び前記各第 1 可動体のそれぞれに対して相対移動する第 2 可動体と；前記第 2 可動体に設けられ、前記各第 1 可動体を 2 次元平面内で駆動する駆動装置とを備え、前記各第 1 可動体の駆動の際の反力に応じて前記第 2 可動体が移動するように構成されていることを特徴とするステージ装置。

【請求項 5 1】 前記各第 1 可動体の質量は前記第 2 可動体の質量のほぼ  $1/9$  以下であり、前記定盤上で前記第 2 可動体を低応答周波数で駆動する第 2 の駆動装置を更に備えることを特徴とする請求項 5 0 に記載のステージ装置。

【請求項 5 2】 マスクのパターンを基板上に転写する露光装置であって、請求項 5 0 又は 5 1 に記載のステージ装置を備え、前記マスクのパターンが転写される基板が前記ステージ装置を構成する前記各第 1 可動体に保持されることを特徴とする露光装置。

【請求項 5 3】 前記マスクのパターンを前記基板に投影する投影光学系を更に備え、前記ステージ装置を構成する前記駆動装置が、前記各第 1 可動体にそれぞれ保持された基板に前記マスクのパターンを転写する際に、そのパターン転写の対象の基板を保持する前記第 1 可動体を前記マスクと同期して前記投影光学系に対して走査方向に駆動することを特徴とする

請求項 5 2 に記載の露光装置。

【請求項 5 4】 基板上で隣接して配置される第 1 及び第 2 区画領域のそれぞれにマスクのパターンを転写する露光装置であって、

前記基板を保持する基板ステージと；前記第 1 区画領域に対する第 1 露光と前記第 2 区画領域に対する第 2 露光との間で前記基板ステージを移動するときに、前記基板ステージの加速時と減速時とでその加速度の絶対値を異ならせる第 1 駆動装置とを備える露光装置。

【請求項 5 5】 前記第 1 駆動装置は、前記減速時よりも前記加速時でその加速度の絶対値を大きくすることを特徴とする請求項 5 4 に記載の露光装置。

【請求項 5 6】 前記基板ステージが配置される第 1 定盤と；前記第 1 定盤が配置される第 2 定盤とを更に備え、前記基板ステージの移動に応答して前記第 1 定盤が前記第 2 定盤上で前記基板ステージに対して相対移動するように構成したことを特徴とする請求項 5 4 又は 5 5 に記載の露光装置。

【請求項 5 7】 前記第 1 定盤上に配置される第 2 基板ステージを更に備え、

前記第 1 定盤は、前記 2 つの基板ステージの移動によって生じる反力の合力を相殺するように移動されることを特徴とする請求項 5 6 に記載の露光装置。

【請求項 5 8】 前記第 1 定盤上に配置される第 2 基板ステージを更に備え、

前記第 1 定盤は、前記 2 つの基板ステージの少なくとも一方の移動による重心位置変動の発生を防止するように移動されることを特徴とする請求項 5 6 に記載の露光装置。

【請求項 5 9】 前記第 1 定盤を前記第 2 定盤に対して相対移動する第 2 駆動装置と；前記第 2 駆動装置の制御応答を、前記基板の露光動作を含む複数の動作でそれぞれ可変とする制御装置とを更に備えることを特徴とする請求項 5 6～5 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 6 0】 前記制御装置は、前記第 1 及び第 2 露光間での前記基板ステージの移動時に、前記第 1 定盤が前記第 2 定盤に対する位置をほぼ維持するような制御が可能となるように前記第 2 駆動装置の制御応答を設定することを特徴とする請求項 5 9 に記載の露光装置。

【請求項 6 1】 前記第 1 駆動装置は、前記基板上の複数の区画領域がステップ・アンド・リピート方式、又はステップ・アンド・スキャン方式で露光されるように前記基板ステージを移動することを特徴とする請求項 5 4～6 0 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 6 2】 前記第 1 駆動装置は、前記基板ステージを少なくとも 3 自由度で駆動する第 1 の平面磁気浮上型リニアアクチュエータを有することを特徴とする請求項 5 4～6 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 6 3】 前記第 2 駆動装置は、前記第 1 定盤を

前記第 2 定盤に対して相対移動する第 2 の平面磁気浮上型リニアアクチュエータを有することを特徴とする請求項 5 9～6 2 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 6 4】 マスクのパターンを基板上に転写する露光装置であって、

第 1 定盤と；前記第 1 定盤上にそれぞれ配置され前記基板をそれぞれ保持する複数の基板ステージと；前記第 1 定盤が配置される第 2 定盤と；前記複数の基板ステージの少なくとも 1 つの移動による重心位置変動を抑制するように、前記第 2 定盤に対して前記第 1 定盤を相対移動可能に支持する支持装置とを備える露光装置。

【請求項 6 5】 前記複数の基板ステージのうち第 1 基板ステージは、前記基板がステップ・アンド・リピート方式又はステップ・アンド・スキャン方式で露光されるように移動され、

前記支持装置は前記第 1 定盤を前記第 2 定盤に対して相対移動可能に支持する平面磁気浮上型リニアアクチュエータを有することを特徴とする請求項 6 4 に記載の露光装置。

【請求項 6 6】 前記第 1 基板ステージ上の基板の露光動作中、前記第 1 基板ステージと異なる第 2 基板ステージは露光動作以外の動作が実行されるように駆動されることを特徴とする請求項 6 5 に記載の露光装置。

【請求項 6 7】 前記基板上のマークを検出するアライメント系を更に備え、

前記第 2 基板ステージでは、前記アライメント系によるマーク検出、又は前記基板のロード又はアンロードが実行されることを特徴とする請求項 6 6 に記載の露光装置。

【請求項 6 8】 前記基板ステージは、互いに延設方向が鋭角に交差するように配置される第 1 及び第 2 反射面を有し、

前記第 1 及び第 2 反射面とそれぞれ直交する測長軸を有する第 1 及び第 2 の干涉計を更に備えたことを特徴とする請求項 5 4～6 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 6 9】 前記第 1 及び第 2 反射面は、当該両反射面を上底及び下底以外の 2 辺とする台形が前記基板を包含するように配置されることを特徴とする請求項 6 8 に記載の露光装置。

【請求項 7 0】 前記第 1 及び第 2 反射面はそれぞれ前記基板ステージ上で前記基板をほぼ包含する三角形の 2 辺に沿って形成されることを特徴とする請求項 6 8 又は 6 9 に記載の露光装置。

【請求項 7 1】 前記第 1 反射面、又は前記第 2 反射面はその延設方向に関する長さが前記基板上の露光範囲よりも実質的に長く定められていることを特徴とする請求項 6 8～7 0 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 7 2】 前記露光範囲は、前記基板上で前記マスクのパターンを転写すべき全ての部分領域を含むことを特徴とする請求項 7 1 に記載の露光装置。

【請求項 7 3】 前記マスクを保持するマスクステージと；前記マスクのパターンを前記基板上に転写するため、前記マスクステージと前記基板ステージとを第 1 方向に同期移動する駆動装置とを更に備え、

前記基板ステージは、前記同期移動される第 1 方向と鋭角に交差する方向に沿って延びる測長用第 1 基準面を有することを特徴とする請求項 5 4～6 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 7 4】 前記測長用第 1 基準面はその延設方向に関して、前記基板の走査露光動作における前記基板ステージの移動範囲のほぼ全域に渡って形成されることを特徴とする請求項 7 3 に記載の露光装置。

【請求項 7 5】 前記測長用第 1 基準面はその延設方向に関する長さが前記基板上の露光範囲よりも実質的に長く定められていることを特徴とする請求項 7 3 又は 7 4 に記載の露光装置。

【請求項 7 6】 前記露光範囲は、前記基板上で前記マスクのパターンを転写すべき全ての区画領域を含むことを特徴とする請求項 7 5 に記載の露光装置。

【請求項 7 7】 前記測長用第 1 基準面と直交する測長軸を有する第 1 の干涉計を更に備え、

前記第 1 の干涉計の計測値は、前記第 1 方向、及びこれに直交する第 2 方向のうち、少なくとも第 2 方向に関する前記基板ステージの位置制御に用いられることを特徴とする請求項 7 3～7 6 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 7 8】 前記基板ステージは、前記第 1 方向と直交する第 2 方向に延びる測長用第 2 基準面を有することを特徴とする請求項 7 3～7 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 7 9】 前記測長用第 2 基準面と直交する測長軸を有する第 2 の干涉計を更に備え、前記第 2 の干涉計の計測値は、前記第 1 方向に関する前記基板ステージの位置制御に用いられることを特徴とする請求項 7 8 に記載の露光装置。

【請求項 8 0】 前記基板ステージは、前記第 1 方向、及びこれに直交する第 2 方向の両方と交差し、かつ前記測長用第 1 基準面と異なる方向の測長用第 3 基準面を有することを特徴とする請求項 7 3～7 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 8 1】 前記測長用第 3 基準面と直交する測長軸を有する第 3 の干涉計を更に備え、前記第 3 の干涉計の計測値は、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記基板ステージの位置制御に用いられることを特徴とする請求項 8 0 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置及び走査露光方法、並びにステージ装置に係り、更に詳しくは、

例えば半導体回路素子や液晶表示素子等の回路デバイスをリソグラフィ工程で製造する際に用いられる露光装置及び走査露光方法、並びに露光装置に好適なステージ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、半導体デバイスの製造現場では、波長 365 nm の水銀ランプの i 線を照明光とした縮小投影露光装置、所謂ステッパを使って最小線幅が 0.3 ~ 0.35  $\mu$ m 程度の回路デバイス (64M (メガ) ビットの D-RAM 等) を量産製造している。同時に、256M ビット、1G (ギガ) ビット D-RAM クラスの集積度を有し、最小線幅が 0.25  $\mu$ m 以下の次世代の回路デバイスを量産製造するための露光装置の導入が始まっている。

【0003】 その次世代の回路デバイス製造用の露光装置として、KrF エキシマレーザ光源からの波長 248 nm の紫外パルスレーザ光、或いは ArF エキシマレーザ光源からの波長 193 nm の紫外パルスレーザ光を照明光とし、回路パターンが描画されたマスク又はレチクル (以下、「レチクル」と総称する) と感応基板としてのウエハを縮小投影光学系の投影視野に対して相対的に 1 次元走査することで、ウエハ上の 1 つのショット領域内にレチクルの回路パターン全体を転写する走査露光動作とショット間ステッピング動作とを繰り返す、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置が有力視されている。

【0004】 かかるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置としては、屈折光学素子 (レンズ素子) と反射光学素子 (凹面鏡等) とで構成される縮小投影光学系を搭載したパーキンエルマー社のマイクラ・スキャン露光装置が、最初に製品化され、市販されている。そのマイクラ・スキャン露光装置は、例えば 1989 年の SPIE, Vol. 1088 の p424 ~ 433 に詳細に説明されているように、円弧スリット状に制限された実効投影領域を介してレチクルのパターンの一部をウエハ上に投影しつつ、レチクルとウエハとを投影倍率 (1/4 縮小) に応じた速度比で相対移動させることで、ウエハ上のショット領域を露光するものである。

【0005】 また、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光方式として、エキシマレーザ光を照明光とし、円形の投影視野を有する縮小投影光学系の実効投影領域を多角形 (六角形) に制限し、その実効投影領域の非走査方向の両端を部分的にオーバーラップさせる方法、所謂スキャン&ステッチング法を組合わせたものが、例えば特開平 2-229423 号公報等に開示されている。また、そのような走査露光方式を採用した投影露光装置は、例えば特開平 4-196513 号公報、特開平 4-277612 号公報、特開平 4-307720 号公報等にも開示されている。

【0006】 ところで、ステップ・アンド・スキャン方

式の走査型露光装置では、ウエハ上の複数のショット領域 (以下、適宜「ショット」という) にレチクルのパターンを順次転写するに際し、スループット向上のため、通常レチクルを交互スキャン (往復スキャン) させることで、順次次のショットに対する露光を行なう。このため、1 つのショットに対するレチクルパターンの転写が終了した後、露光開始前のプリスキャン時 (目標速度

(露光時の走査速度) までの加速時間 + 加速終了後に速度が所定の誤差範囲で目標速度に収束するまでの整定時間) の移動距離と同じ距離だけ、露光終了時点から更にレチクルを移動して、レチクルを次ショット露光のための走査開始位置まで戻す動作 (オーバースキャン) が必要であり、これに対応して、ウエハを次ショット (前記 1 つのショットの非走査方向に隣接する別のショット) へステッピングさせる動作に加えて走査方向に移動させる動作も必要となる。

【0007】 かかるウエハのショット間の移動動作は、従来は、次の①~③の手順で行われていた。①露光終了後にウエハステージ (基板ステージ) を次ショットの走査開始位置と同一の走査方向の座標位置に一旦移動後、②次ショットの走査開始位置まで非走査方向にステッピングし、③次ショットの露光のための走査を開始する。従って、ウエハは、コの字の経路に沿って移動されていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、露光装置にとってスループット (処理能力) の向上は最も重要な課題の一つであり、これを達成する必要から走査露光時のレチクルの加減速度が例えば 0.5G → 4G、最高速度も 350 mm/s → 1500 mm/s のように大きくなっており、これに伴ってウエハステージの走査露光時の加減速度、最高速度も投影倍率 1/n に比例した大きさとなる。このため、露光の前後に必要な、プリスキャン時及びオーバースキャン時の移動距離もこれに応じて延ばす必要がある。

【0009】 このため、本来スループットを向上させようとの観点から加減速度、最高速度を増加したにもかかわらず結果的に却ってスループットを悪化させるおそれがあるという不都合があった。

【0010】 また、ショット間ステッピング時間 (移動の際の位置決め整定時間を含む) の短縮によるスループット向上は、ステッパ等の静止露光型の露光装置にも要請される。

【0011】 本発明は、かかる事情を鑑みてなされたもので、その目的は、スループットの向上を図ることができる露光装置を提供することにある。

【0012】 また、本発明のさらに別の目的は、スループットの向上を図ることができる走査露光方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の発明は、マスク (R) と感応基板 (W) とを同期移動させることにより、前記感応基板 (W) 上の複数のショット領域 (S1、S2 等) に前記マスクのパターンを順次転写する露光装置であって、前記感応基板 (W) を保持して 2 次元平面内を移動する基板ステージ (WST) と；前記マスクを保持して移動可能なマスクステージ (RST) と；前記基板ステージの露光終了後の次ショット露光のための助走動作と次ショット露光のための非走査方向へのステッピング動作とが同時並行的に行われ、かつ前記非走査方向へのステッピング動作が次ショット露光前の前記両ステージの同期整定期間の前に終了するように、前記両ステージを制御するステージ制御系 (33、78、80) とを備えている。

【0014】これによれば、感応基板上の複数のショット領域に順次マスクのパターンを転写するに際し、ステージ制御系ではあるショットの走査露光終了後に、基板ステージの露光終了後の次ショット露光のための助走動作 (ショットを走査露光する露光時間の前後のプリスキャン、オーバースキャン) と次ショット露光のための非走査方向へのステッピング動作とが同時並行的に行われ、かつ非走査方向へのステッピング動作が次ショット露光前の両ステージの同期整定期間の前に終了するように、両ステージを制御する。このため、基板ステージの走査方向についての助走動作と非走査方向についての次ショット (非走査方向の隣接ショット) に対するステッピング動作とが同時並行的に行われ、前記①～③の動作から成る従来の基板ステージのショット間の移動制御に比べて移動時間が短くなる。勿論、従来においても走査方向移動ステージと非走査方向移動ステージとから成る 2 段構造の基板ステージであれば、上記の①と②の動作は同時並行的に行うことは可能であるが、この場合、ステッピングが終了した時点では、未だ次ショットの走査は開始されていないので、ステッピング動作が次ショット露光前の両ステージの同期整定期間の前に終了する、換言すればステッピングが終了した時点では、既に③の動作が開始されて加速期間が終了している分、本発明の方がスループットが向上することは明らかである。また、本発明によれば、ステッピングが次ショット露光前のマスクステージと基板ステージの同期整定期間の前に終了するので、同期整定期間では両ステージの等速同期制御のみに専念できるので、整定期間が長くなることもない。

【0015】上記請求項 1 に記載の発明において、請求項 2 に記載の発明の如く、前記ステージ制御系 (33、78、80) は、前ショット露光後の前記マスクステージ (RST) の等速移動時間と減速時間とから成るオーバースキャン時に対応する前記基板ステージ (WST) の非走査方向の加速度が、次ショットの露光開始前の前記マスクステージ (マスクステージ) のプリスキャン時

に対応する部分の非走査方向の減速度より絶対値が大きくなるように前記両ステージを制御することがより望ましい。かかる場合には、ステッピングの際の高加速時に生じる露光装置本体の揺れ (振動) 等が減速の間に減衰するので、ステッピングが終了した時点、すなわちマスクステージと基板ステージとの同期整定期間前には前記振動を完全に減衰させることができ、その分制御性が改善され、整定期間が短縮してスループットを向上させることが可能になる。

【0016】請求項 3 に記載の発明は、基板 (W) 上の複数の区画領域 (S1、S2) にマスク (R) のパターンを順次転写する走査露光方法において、前記マスクと前記基板とを同期移動して、前記複数の区画領域の 1 つ (S1) を走査露光し、前記基板が同期移動される第 1 方向と直交する第 2 方向に関して前記 1 つの区画領域と隣接する別の区画領域 (S2) を走査露光するために、前記 1 つの区画領域 (S1) の走査露光終了後の前記基板の前記第 2 方向へのステッピング動作が終了する前に前記基板の前記第 1 方向への加速を開始することの特徴とする。

【0017】これによれば、マスクと基板とを同期移動して、複数の区画領域の 1 つが走査露光された後、第 1 方向 (走査方向) と直交する第 2 方向 (非走査方向) に関して 1 つの区画領域と隣接する別の区画領域を走査露光するために、1 つの区画領域の走査露光終了後の基板の第 2 方向へのステッピング動作が行われるが、このステッピング動作が終了する前に基板の第 1 方向への加速が開始される。すなわち、1 つの区画領域の露光の終了後に前記 1 つの区画領域に非走査方向に関して隣接する別の区画領域の露光のための非走査方向移動 (ステッピング) 動作が開始されるが、この動作の途中で走査方向についての基板の加速が開始されるので、非走査方向のステッピング時間に隣接領域 (別の区画領域) の露光のための走査方向加速時間を少なくとも一部オーバーラップさせることができ、隣接する別の区画領域の露光のための非走査方向へのステッピング動作が終了してから隣接領域の露光のための走査方向の加速が開始される従来例に比べてスループットを向上させることが可能である。

【0018】この場合において、請求項 4 に記載の発明の如く、前記基板 (W) は、前記別の区画領域 (S2) の走査露光前に、前記加速によって前記第 1 及び第 2 方向に対して斜めに移動され、かつ前記第 1 方向の移動速度が前記基板の感度特性に応じた速度に設定されることが望ましい。かかる場合には、別の区画領域 (S2) の走査露光前に第 1 方向の移動速度が基板の感度特性に応じた速度に設定されるので、露光中はその速度を維持しマスクを同期制御すれば良いので、制御が容易になる。

【0019】上記請求項 3 又は 4 に記載の走査露光方法において、請求項 5 に記載の発明の如く、前記 1 つの区



画領域 (S1) の走査露光終了後に、前記別の区画領域を走査露光するために必要な助走距離だけ前記基板が前記第1方向に離れるまで、前記基板を第1方向については減速させつつ前記第2方向に移動させても良い。

【0020】また、上記請求項3～5に記載の各発明において、請求項6に記載の発明の如く、前記基板 (W) は、前記1つの区画領域 (S1) の走査露光と前記別の区画領域 (S2) の走査露光との間で、前記第1方向の速度成分と前記第2方向の速度成分との少なくとも一方が零とならないように移動されることが望ましい。かかる場合には、1つの区画領域 (S1) の走査露光と前記別の区画領域 (S2) の走査露光との間で、基板は停止することなく移動が行われるので、その分スループットが向上するからである。

【0021】また、請求項3～6に記載の各発明において、請求項7に記載の発明の如く、前記基板 (W) は、前記1つの区画領域 (S1) の走査露光と前記別の区画領域 (S2) の走査露光との間で、前記第1方向の移動速度が零となる前記第2方向の位置が前記1つの区画領域よりも前記別の区画領域に近くなるように移動されるようにしても良い。かかる場合には、1つの区画領域の走査露光と別の区画領域の走査露光との間の基板の非走査方向の加速度と減速度とが等しい場合であっても、必ず別の区画領域の走査露光の開始前のある一定時間前には非走査方向の速度がゼロとなっているので、別の区画領域の走査露光開始前一定時間の時点では非走査方向の移動が終了する。従って、1つの区画領域の走査露光と別の区画領域の走査露光との間の基板の非走査方向の加速後の減速度を大きくする必要がなく、別の区画領域の走査露光開始時点でこの影響が残ることがなく同期整定時間が不要に長くなることがない。

【0022】請求項8に記載の発明は、マスク (R) と基板 (W) とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向とほぼ直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域 (S1) と第2区画領域 (S2) とをそれぞれ前記マスクのパターンで走査露光する方法において、前記第1区画領域の走査露光終了後に、前記基板の第1方向の移動速度が零となるまで、前記基板を減速させつつ前記第2方向に移動し、かつ前記第2区画領域の走査露光前に、前記基板を前記第1方向に加速させつつ前記第2方向に移動することを特徴とする。これによれば、前記第1区画領域の走査露光終了後に、基板は放物線状の経路に沿って移動されるので、最短距離に近い経路で基板が移動され、その分スループットの向上が可能となる。

【0023】この場合において、請求項9に記載の発明の如く、前記第1方向の移動速度が零となる前記基板 (W) の前記第2方向の位置を、前記第2方向における前記第2区画領域 (S2) の両端の間に設定しても良い。かかる場合には、第1区画領域の走査露光と第2区

画領域の走査露光との間の基板の非走査方向の加速度と減速度とが等しい場合であっても、必ず第2区画領域の走査露光の開始前のある一定時間前には非走査方向の速度がゼロとなっているので、第2区画領域の走査露光開始前一定時間の時点では非走査方向の移動が終了する。従って、第1区画領域の走査露光と第2区画領域の走査露光との間の基板の非走査方向の加速後の減速度を大きくする必要がなく、第2区画領域の走査露光開始時点でこの影響が残ることがなく同期整定時間が不要に長くなることがない。

【0024】請求項10に記載の発明は、マスク (R) と基板 (W) とを同期移動して、前記基板 (W) が同期移動される第1方向とほぼ直交する第2方向に配列される前記基板上の第1区画領域 (S1) と第2区画領域 (S2) とにそれぞれ前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、前記第1区画領域 (S1) の走査露光後に、前記基板をその移動軌跡がほぼ放物線状になるように移動した後、前記マスクのパターンで前記第2区画領域 (S2) を走査露光することを特徴とする。これによれば、第1区画領域の走査露光後、第2区画領域の走査露光の開始前に、基板をその移動軌跡がほぼ放物線状になるように移動するので、この移動の終了部分では基板はほぼ第1方向に沿って移動され、走査露光開始後に基板の非走査方向の速度成分が走査露光に影響を与えない。

【0025】この場合、請求項11に記載の発明の如く、前記放物線の頂点における前記基板の前記第2方向の位置を、前記第1区画領域よりも前記第2区画領域側に設定することが望ましい。

【0026】請求項12に記載の発明は、マスク (R) と基板 (W) とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向とほぼ直交する第2方向に配列される前記基板上の第1区画領域 (S1) と第2区画領域 (S2) とにそれぞれ前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、前記第1区画領域 (S1) の走査露光終了後の前記基板の減速中、及び前記第2区画領域の走査露光前の前記基板の加速中に、前記基板を前記第1及び第2方向と交差する方向に移動することを特徴とする。これによれば、第1区画領域の走査露光終了後の基板の減速中、及び第2区画領域の走査露光前の基板の加速中に、基板を第1及び第2方向と交差する方向に移動するので、結果的に基板の移動軌跡は従来のコ字経路に比べて短くなり、最短距離に近い経路で基板が移動され、その分スループットの向上が可能となる。

【0027】なお、この場合、基板の移動軌跡はV字状であっても良いが、第1区画領域の走査露光と第2区画領域の走査露光との間で基板を停止することなく移動して、その軌跡を放物線状 (又はU字状) とすることが望ましい。この場合、基板の移動軌跡は最短とはならないが、基板が停止することがないので、オーバースキャ

ン、ステッピング、及びブリスキャンの総所要時間（ショット間での基板の移動時間）は最も短くなる。

【0028】請求項13に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板（W）が同期移動される第1方向と直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域（S1）と第2区画領域（S2）とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第1区画領域（S1）の走査露光終了後、前記基板の前記第2方向の位置が前記第2区画領域（S2）の前記第2方向の位置と一致する前に、前記第2区画領域の走査露光のための前記基板の加速を開始することを特徴とする。これによれば、第1区画領域の走査露光の終了後、第2区画領域の走査露光のため第2方向についての基板の移動が開始されるが、この途中で第2区画領域の走査露光のための基板の第1方向についての基板の加速が開始されるので、第2区画領域の走査露光のための第2方向の基板の移動が終了してから第2区画領域の走査露光のための加速が開始される場合に比べてスループットを向上させることが可能である。

【0029】この場合において、請求項14に記載の発明の如く、前記第1区画領域（S1）の走査露光終了後、前記基板（W）の前記第1方向の速度成分が零となる前に前記基板を前記第1方向に対して斜めに移動し、かつ前記基板の加速開始直後は、前記第1及び第2方向の各速度成分が零とならないように前記基板を移動することが望ましい。

【0030】請求項15に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向と直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域（S1）と第2区画領域（S2）とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第1区画領域（S1）の走査露光終了後の前記基板（W）の前記第2方向の速度成分が零となる前に、前記第2区画領域の走査露光のための前記基板の加速を開始することを特徴とする。これによれば、第1区画領域の走査露光の終了後、第2区画領域へ向けて第2方向についての基板の移動が行われるが、この移動が終了して基板の第2方向の速度成分が零となる前に、第2区画領域の走査露光のための基板の加速が開始されるので、第2区画領域の走査露光のための第2方向の基板の移動が終了してから第2区画領域の走査露光のための加速が開始される場合に比べてスループットを向上させることが可能である。

【0031】この場合において、請求項16に記載の発明の如く、前記基板（W）は、前記第1方向に関して加速され、かつ前記第2方向に関して減速されること、すなわち、基板の第2方向への減速中に第1方向への加速が第2区画領域の走査露光前に行われることが望ましい。

【0032】上記請求項15及び16に記載の各発明に

おいて、請求項17に記載の発明の如く、前記第1区画領域の走査露光終了後の前記基板の前記第1方向の速度成分が零となる前に、前記基板の前記第2方向への加速を開始することが望ましい。

【0033】請求項18に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向と直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域（S1）と第2区画領域（S2）とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第1区画領域（S1）の走査露光終了後に前記基板の前記第1方向の速度成分が零となる前記基板の前記第2方向の位置を、前記第2区画領域の前記第2方向の位置よりも前記第1区画領域側とし、かつ前記第2区画領域を走査露光するために、前記第1及び第2方向に対して斜めに前記基板を移動することを特徴とする。これによれば、前記第1区画領域の走査露光終了後の基板の移動軌跡は従来のコ字経路に比べて短くなり、最短距離に近い経路で基板が移動され、その分スループットの向上が可能となる。なお、この場合、基板の移動軌跡はV字状であっても良いが、第1区画領域の走査露光と第2区画領域の走査露光との間で基板を停止することなく移動して、その軌跡を放物線状（又はU字状）とすることが望ましい。

【0034】請求項19に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向と直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域（S1）と第2区画領域（S2）とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第1区画領域（S1）の第1走査露光と前記第2区画領域（S2）の第2走査露光とで前記基板を逆向きに移動するために、前記第1走査露光終了後に前記基板の前記第1方向の速度成分を零とし、かつ前記第2走査露光に先立って前記第1及び第2方向の各速度成分が零とならないように前記基板を加速することとを特徴とする。これによれば、基板は第2走査露光に先立って曲線状（又は直線状）の経路に沿って第1及び第2方向に対し斜めに移動されることとなる。

【0035】請求項20に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向と直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域（S1）と第2区画領域（S2）とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第1区画領域（S1）の第1走査露光と前記第2区画領域（S2）の第2走査露光との間、前記第1走査露光終了後の前記第1方向の速度成分が零となる前記基板の前記第2方向の位置が、前記第1区画領域の前記第2方向の位置と前記第2区画領域の前記第2方向の位置との間になるように前記基板を移動することとを特徴とする。これによれば、第1走査露光が終了すると、基板の第1方向の速度を減速しつつ第2方向への

移動が行われ、この際、基板の第1方向の速度成分が零となる基板の第2方向の位置が、第1区画領域の第2方向の位置と第2区画領域の第2方向の位置との間になるように基板が移動される。従って、第1走査露光が終了すると、基板は曲線状（又は直線状）の経路に沿って第1及び第2方向に対し斜めに移動されることとなる。

【0036】請求項21に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向と直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域（S1）と第2区画領域（S2）とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第1区画領域（S1）の第1走査露光と前記第2区画領域（S2）の第2走査露光との間の前記基板の移動軌跡がほぼ放物線状となるように、前記第1走査露光後の前記基板の減速中、及び前記第2走査露光前の前記基板の加速中、前記第2方向の速度成分を零とすることなく前記基板を移動することを特徴とする。これによれば、第1区画領域の第1走査露光と前記第2区画領域の第2走査露光との間の基板の移動軌跡がほぼ放物線状となり、しかも第2方向の速度成分を零とすることなく基板が移動されるので、基板が停止することがなく、オーバースキャン、ステッピング、及びプリスキンの総所要時間（ショット間での基板の移動時間）はほぼ最短となる。

【0037】この場合において、請求項22に記載の発明の如く、前記第1走査露光の終了直後、及び前記第2走査露光の開始直前は、前記基板（W）の前記第2方向の速度成分をほぼ零としても良い。

【0038】請求項23に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向と直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域（S1）と第2区画領域（S2）とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、前記第1区画領域（S1）の第1走査露光と前記第2区画領域（S2）の第2走査露光との間、前記第1走査露光終了後の前記基板の前記第1方向の速度成分が零となる前に、前記基板の前記第2方向への加速を開始し、かつ前記基板の前記第2方向の速度成分が零となる前に、前記基板の前記第1方向への加速を開始することを特徴とする。これによれば、第1区画領域の第1走査露光と第2区画領域の第2走査露光との間の基板の移動軌跡は、U字状あるいはそれに近い経路となる。

【0039】この場合において、請求項24に記載の発明の如く、前記基板の前記第1方向への加速は、前記第2方向に関する前記基板の減速中に開始されることが望ましい。

【0040】また、上記請求項23及び24に記載の各発明において、請求項25に記載の発明の如く、前記基板（W）の前記第2方向への加速は、前記第1走査露光

終了後の前記基板の減速中に開始されることが望ましい。

【0041】上記請求項8～25のいずれか一項に記載の走査露光方法において、区画領域間の基板の第2方向における移動時に、加速時と減速時とで加速度の大きさを同一にしても良いが、請求項26に記載の発明の如く、前記第1区画領域（S1）の走査露光と前記第2区画領域（S2）の走査露光との間で前記基板（W）を前記第2方向に移動するとき、前記基板の加速時と減速時とでその加速度の絶対値を異ならせても良い。

【0042】請求項27に記載の発明は、マスク（R）と基板（W）とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向とほぼ直交する第2方向に配列される前記基板上の第1及び第2区画領域（S1及びS2）にそれぞれ前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、前記第1区画領域の第1走査露光と前記第2区画領域の第2走査露光との間で前記基板を前記第2方向に移動するとき、前記基板の加速時と減速時とでその加速度の絶対値を異ならせることを特徴とする。

【0043】かかる場合には、第1区画領域の第1走査露光と前記第2区画領域の第2走査露光との間における基板の第2方向の移動時の加速時の加速度の絶対値と減速時の加速度の絶対値とを適宜設定することにより、加速時及び減速時の加速度の絶対値を同一とした場合に比べて、基板の第2方向移動に要する時間は長くなることであっても、その移動終了後の基板の位置決め整定時間を短くして位置決め整定時間を含む基板の第2方向移動に要する総時間を短くする等の基板の移動制御が可能になる。

【0044】この場合において、請求項28に記載の発明の如く、前記第1走査露光後で前記基板（W）の第1方向の減速中に前記基板の前記第2方向の加速を開始し、前記第2走査露光前で前記基板の第1方向の加速中に前記基板の前記第2方向の減速を開始しても良い。かかる場合、第1走査露光終了後のいわゆるオーバースキャン時間と区画領域間の基板の移動時間、及び第2走査露光前のいわゆるプリスキンの時間と区画領域間の基板の移動時間とを、それぞれ少なくとも一部オーバーラップさせることができるので、その分スループットの向上が可能である。

【0045】上記請求項27及び28に記載の各発明において、請求項29に記載の発明の如く、前記基板は、前記第1走査露光と前記第2走査露光との間で停止することなく移動されることが望ましい。

【0046】この場合において、請求項30に記載の発明の如く、前記基板（W）は、前記第1方向の速度成分が零となる前後で前記第2方向の加減速がそれぞれ開始されても良い。

【0047】上記請求項26～30に記載の各発明において、請求項31に記載の発明の如く、前記基板（W）

の減速時よりも加速時で前記第2方向の加速度の絶対値を大きくすることが望ましい。かかる場合には、第1走査露光終了後におけるいわゆるオーバースキャンに対応する基板の第2方向の加速度が、第2走査露光開始前のいわゆるプリスキャンに対応する基板の非走査方向の負の加速度より絶対値が大きくなるようにできるので、第2方向の移動における基板の高加速に起因する基板の振動を第2走査露光の開始前には完全に減衰させることができる。

【0048】上記請求項8～26に記載の各発明に係る走査露光方法において、請求項32に記載の発明の如く、前記基板(W)は、前記第1区画領域(S1)の走査露光と前記第2区画領域(S2)の走査露光との間で停止することなく移動されることが望ましい。

【0049】また、請求項8～32に記載の各発明に係る走査露光方法において、請求項33に記載の発明の如く、前記第2区画領域(S2)の走査露光に先立つ前記マスク(R)と前記基板(W)との同期整定前に、前記基板の前記第2方向の速度成分をほぼ零にすることが望ましい。かかる場合には、第2区画領域の走査露光に先立つマスクと基板との同期整定前には、基板の前記第2方向の速度成分がほぼ零となっているので、同期整定後走査露光が開始された時点では、区画領域間の基板の第2方向移動が走査露光に影響を与えることがなく、高精度な露光が可能である。

【0050】上記請求項10～33に記載の各発明に係る走査露光方法において、請求項34に記載の発明の如く、前記マスク(R)は、前記基板(W)が前記第1方向に沿って逆向きに移動される前記第1区画領域(S1)の走査露光と前記第2区画領域(S2)の走査露光とで、往復移動されることが望ましい。かかる場合には、第1区画領域の走査露光と第2区画領域の走査露光との間で、いわゆるマスクの巻き戻しのための時間が不要となり、その分スループットの向上を図ることができる。

【0051】上記請求項10～34に記載の各発明に係る走査露光方法において、請求項35に記載の発明の如く、前記基板(W)は、前記マスク(R)のパターンを転写すべき前記基板上の全ての区画領域(S1、S2、S3、……)の走査露光が終了するまで、前記第1及び第2方向の両方でその速度成分が同時に零とならないように移動されることが望ましい。かかる場合には、基板は、第1区画領域の走査露光のための移動開始から、基板上の全ての区画領域の走査露光の終了まで、停止することなく移動されるので、スループットを最大限向上させることができる。

【0052】請求項36に記載の発明は、基板(W)上の区画領域毎にマスク(R)と前記基板とを同期移動して、前記基板上の複数の区画領域(S1、S2、S3、……)に前記マスクのパターンを順次転写するステップ

・アンド・スキャン方式の走査露光方法において、前記マスクの往復移動によって前記マスクのパターンが転写される前記基板上の2つの区画領域の走査露光間で前記基板を停止することなく移動することの特徴とする。これによれば、基板上の順次マスクのパターンが転写される2つの区画領域(通常は隣接領域)の走査露光間で基板が停止することがないので、その部分に関してはよりスループットが向上する。

【0053】この場合において、請求項37に記載の発明の如く、前記基板(W)は、前記マスク(R)のパターンを転写すべき前記基板上の最後の区画領域の走査露光が終了するまで、前記基板が同期移動される第1方向、及びそれと直交する第2方向の少なくとも一方の速度成分が零とならないように移動されることが望ましい。かかる場合には、結果的に複数区画領域の全てにステップ・アンド・スキャン方式の走査露光が行われる間基板が停止することがないので、最もスループットが向上する。

【0054】上記請求項3～37に記載の各発明に係る走査露光方法において、請求項38に記載の発明の如く、前記マスク(R)は、前記走査露光時に前記基板(W)の前記第2方向の速度成分が零となる前に加速が開始されることが望ましい。かかる場合には、マスクは、基板の第2方向の速度成分が零となる前に加速が開始されるので、基板の第2方向の速度成分が零となつてからマスクの加速が開始される場合に比べて、マスクと基板とが等速同期状態になるまでの時間が短縮され、その分スループットの向上が可能だからである。

【0055】また、上記請求項3～38に記載の各発明に係る走査露光方法において、請求項39に記載の発明に係る走査露光前の前記基板(W)の加速時と、前記走査露光後の前記基板の減速時との少なくとも一方で、前記基板をその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に従って前記第1方向に移動するようにしても良い。かかる場合には、走査露光前の基板の加速時と、走査露光後の基板の減速時との少なくとも一方で、基板をその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に従って第1方向に移動することから、一定加速度で目標走査速度へ加速、一定減速度で零に減速する場合のように加速終了時点、又は減速終了時点で加速度が不連続に、すなわち急激に変化することがない。従って、この加速度の急激な変化に起因する基板の高周波振動を抑制することができ、目標位置(これは当然に時間的に変化する)に対する位置誤差を速やかに許容範囲内に収束させることができ、結果的に基板の位置制御性を向上させることができる。

【0056】上記請求項3～39に記載の各発明に係る走査露光方法において、請求項40に記載の発明の如く、前記走査露光前の前記マスク(R)の加速時と、前記走査露光後の前記マスクの減速時との少なくとも一方

で、前記マスクをその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に従って移動しても良い。かかる場合には、走査露光前のマスクの加速時と、走査露光後のマスクの減速時との少なくとも一方で、マスクをその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に従って移動することから、一定加速度で目標走査速度へ加速、一定減速度で零に減速する場合のように加速終了時点、又は減速終了時点で加速度が不連続に、すなわち急激に変化することがない。従って、この加速度の急激な変化に起因するマスクの高周波振動を抑制することができ、目標位置（これは当然時間的に変化する）に対する位置誤差を速やかに許容範囲内に収束させることができ、結果的にマスクの位置制御性を向上させることができる。

【0057】上記請求項39及び40に記載の各発明において、請求項41に記載の発明の如く、前記基板

(W)又は前記マスク(R)は、その加速時に前記加速度変化曲線に従って移動されても良い。これによれば、マスク又は基板が、同期移動に先立って、その加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて同期移動方向に沿って加速されることから、一定加速度で目標走査速度へ加速する場合のように加速終了時点で加速度が不連続に、すなわち急激に変化することがない。従って、この加速度の急激な変化に起因するマスク及び基板の少なくとも一方の高周波振動を抑制することができ、目標位置（これは当然に時間的に変化する）に対する位置誤差を速やかに許容範囲内に収束させることができ、結果的にマスクと基板の同期整定時間を短縮することができる。

【0058】この場合において、請求項42に記載の発明の如く、前記基板(W)又は前記マスク(R)は、その減速時に一定の加速度で減速されても良い。かかる場合には、減速度の絶対値を最高加速度に対応する一定の加速度（負の加速度）にすることにより、減速時間の大幅な短縮が可能になり、基板又はマスクの加速開始から減速終了までの総トータル時間を一層短縮することができる。この場合、減速終了時には、マスクと基板の同期整定は不要なので、一定の加速度による減速を行っても何ら不都合は生じない。ここで、基板及びマスクの両者を、請求項41の方法で加速し、請求項42の方法で減速するようにしても良く、かかる場合には、最もスループットの向上が可能である。

【0059】請求項43に記載の発明は、マスクと基板とを同期移動して、前記基板上の1又は2以上の区画領域に前記マスクのパターンを転写する走査露光方法において、前記各区画領域に対する走査露光に際して、前記マスクと前記基板との同期移動に先立って、前記マスク及び前記基板の少なくとも一方を、その加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて前記同期移動方向に沿って加速することを特徴とする。

【0060】これによれば、各区画領域に対する走査露

光に際して、マスクと基板との同期移動に先立って、マスク及び基板の少なくとも一方が、その加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて同期移動方向に沿って加速されることから、一定加速度で目標走査速度へ加速する場合のように加速終了時点で加速度が不連続に、すなわち急激に変化することがない。従って、この加速度の急激な変化に起因するマスク及び基板の少なくとも一方の高周波振動を抑制することができ、目標位置（これは当然に時間的に変化する）に対する位置誤差を速やかに許容範囲内に収束させることができ、結果的にマスクと基板の同期整定時間を短縮することができる。

【0061】ここで、マスク及び基板を上記のような加速度変化曲線に基づいて同期移動方向に沿って加速する場合が、整定時間を最も短縮することができるが、通常、走査型露光装置においては、マスク（マスクステージ）及び基板（基板ステージ）の所定の方の最高加速度等が制約条件になっているので、この制約条件となっている方に上記の加速方法を採用すれば、十分な効果を得ることができる。

【0062】この場合において、請求項44に記載の発明の如く、前記基板が同期移動される第1方向に直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域と第2区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写するに際しては、前記第1区画領域の走査露光終了後の前記基板の第1方向の減速中及び前記第2区画領域の走査露光前の前記基板の第1方向の加速中に、前記基板を前記第1及び第2方向と交差する方向に移動するようにしても良い。かかる場合には、前記請求項12の発明と同様に、結果的に最短距離に近い経路で基板が移動されるので、上記の整定時間の短縮とあいまってスループットの更なる向上が可能である。

【0063】請求項45に記載の発明は、マスクと基板とを同期移動して、前記基板が同期移動される第1方向に直交する第2方向に沿って配列される前記基板上の第1区画領域と第2区画領域とに前記マスクのパターンを順次転写する走査露光方法において、少なくとも前記第1区画領域に対する走査露光に際して、前記マスク及び前記基板の少なくとも一方を、前記マスクと前記基板との同期移動に先立ってその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて前記第1方向に沿って加速するとともに、前記同期移動の終了後に一定減速度で前記第1方向に沿って減速することを特徴とする。

【0064】これによれば、第1区画領域に対する走査露光に際して、マスク及び基板の少なくとも一方を、マスクと基板との同期移動に先立ってその加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて第1方向に沿って加速するとともに、前記同期移動の終了後に一定減速度で前記第1方向に沿って減速する。このため、一定加速度で目標走査速度へ加速する場合のように加速

度が急激に変化することがないので、マスク及び基板の少なくとも一方の位置誤差を速やかに許容範囲内に収束させ、結果的にマスクと基板の同期整定時間を短縮することができることに加え、同期移動の終了後の減速時には一定減速度（通常最大加速度に対応する減速度）で減速するので、加速時と対称な加速度曲線に基づいて減速が行われる場合に比べて減速に要する時間を短縮することができる。従って、少なくとも第1区画領域に対する走査露光に際しては、マスク及び基板の少なくとも一方については加速開始から減速終了までの総トータル時間をより短縮することができる。

【0065】この場合も、マスク（マスクステージ）及び基板（基板ステージ）の内、両者あるいは少なくとも制約条件になっている方に上記の加速度制御方法を採用すれば、十分な効果を得ることができる。

【0066】上記請求項45に記載の発明において、請求項46に記載の発明の如く、前記第1区画領域の走査露光終了後の前記基板の第1方向の減速中及び前記第2区画領域の走査露光前の前記基板の第1方向の加速中に、前記基板を前記第1及び第2方向と交差する方向に移動するようにしても良い。かかる場合には、前記請求項12の発明と同様に、結果的に最短距離に近い経路で基板が移動されるので、上記の同期整定時間及び減速時間の短縮とあいまってスループットのより一層の向上が可能である。

【0067】上記請求項3～46に記載の走査露光方法において、請求項47に記載の発明の如く、前記基板（W）が同期移動される第1方向、及びこれに直交する第2方向のうち、少なくとも第2方向については、前記第2方向と異なる方向の第1測長ビーム（RIX1）を用いて前記基板の位置制御を行うことが望ましい。かかる場合には、少なくとも第2方向（非走査方向）については、これと異なる方向の第1測長ビームを用いて位置制御が行われる。すなわち、同期移動方向に対して斜めに交差する方向の第1測長ビームを用いて第2方向の位置制御が行われるので、前記第1測長ビームに直交する方向の反射面を備えたステージであれば如何なる形状のステージでも基板ステージとして採用することが可能であり、正方形又は長方形等の矩形のステージを用いる必要がなく、ステージの形状の設計の自由度が向上し、結果的に基板ステージを小型化することが可能になる。

【0068】この場合において、前記第1方向（同期移動方向）における前記基板の位置制御をも同期移動方向と異なる方向の測長ビームを用いて行いつつ、露光動作を行っても良いが、請求項48に記載の発明の如く、前記第1方向とほぼ平行な第2測長ビーム（RIY）を用いて、前記第1方向における前記基板（W）の位置制御を行うことが好ましい。同期移動方向及び非走査方向の位置制御をともにそれぞれの方向と異なる測長ビームを用いて行う場合には、同期移動方向、非走査方向のい

れについても位置制御のために三角関数演算により位置を求める必要があるが、本発明の場合には、同期移動方向（第1方向）についてはそのような三角関数演算が不要となる。

【0069】上記請求項47及び48に記載の走査露光方法において、請求項49に記載の発明の如く、前記第1及び第2方向と交差し、かつ前記第1測長ビーム（RIX1）と異なる方向の第3測長ビーム（RIX2）を用いて、前記基板（W）の位置制御を行っても良い。この場合において、第3測長ビームは基板の第1方向の位置制御に用いても良いが、第1測長ビームとともに第3測長ビームを基板の第2方向の位置制御に用いても良い。かかる場合には、基板の走査方向の位置計測と独立して非走査方向の位置計測を行うことができるとともに、平均化効果により高精度な計測が可能となるので、位置制御のための演算が簡易化されるとともにより正確な基板の位置制御が可能となる。

【0070】請求項50に記載の発明に係るステージ装置は、定盤（22）と；前記定盤に対して相対移動が可能であるとともに基板（W1、W2）をそれぞれ保持する少なくとも2つの第1可動体（WST1、WST2）と；前記各第1可動体とその上部に配置されるとともに、前記定盤上に配置され、かつ前記定盤及び前記各第1可動体のそれぞれに対して相対移動する第2可動体（138）と；前記第2可動体に設けられ、前記各第1可動体を2次元平面内で駆動する駆動装置（42a、42b）とを備え、前記各第1可動体の駆動の際の反力に応じて前記第2可動体が移動するように構成されていることを特徴とする。

【0071】これによれば、駆動装置によりいずれかの第1可動体が駆動された場合には、その駆動力の反力により第2可動体が移動して、第1可動体の重心移動による偏荷重を第2可動体の重心移動によりキャンセルすることができ、結果的にステージ装置全体の重心を所定位置に保持できる。同様に、駆動装置により第1可動体が複数同時に駆動された場合には、その駆動力の合力に対応する反力により複数の第1可動体の重心移動による偏荷重を第2可動体の重心移動によりキャンセルするように第2可動体が移動し、結果的にステージ装置全体の重心を所定位置に保持できる。従って、ある第1可動体の動作が他の第1可動体に外乱として作用することがないように第1可動体同士の動作の調整を行う必要がなくなるので、制御負担が軽減されるとともに、各第1可動体の位置制御性をともに高く維持することができる。

【0072】この場合において、請求項51に記載の発明の如く、前記各第1可動体（WST1、WST2）の質量は前記第2可動体（138）の質量のほぼ1/9以下であり、前記定盤（22）上で前記第2可動体を低応答周波数で駆動する第2の駆動装置（44）を更に備えていても良い。かかる場合には、上記の如く、ステージ

装置の重心を所定位置に保持することができるのに加え、例えば、いずれかの第1可動体が移動した場合、その反力により逆方向に第2可動体が移動する距離を1/10以下にすることができる。また、第2可動体は第1可動体の加減速時の反力に対しては応答できない程度の低い応答周波数で第2の駆動装置によって定盤上で駆動されるので、前記各第1可動体の動きに影響を与えることなく、第2可動体を駆動することが可能になる。

【0073】請求項52に記載の発明は、マスクのパターンを基板上に転写する露光装置であって、請求項50又は51に記載のステージ装置を備え、前記マスクのパターンが転写される基板が前記ステージ装置を構成する前記各第1可動体に保持されることを特徴とする。

【0074】この場合において、請求項53に記載の発明の如く、前記マスクのパターンを前記基板に投影する投影光学系を更に備える場合には、前記ステージ装置を構成する前記駆動装置が、前記各第1可動体にそれぞれ保持された基板に前記マスクのパターンを転写する際に、そのパターン転写の対象の基板を保持する前記第1可動体を前記マスクと同期して前記投影光学系に対して走査方向に駆動しても良い。

【0075】請求項54に記載の発明は、基板(W又はW1)上で隣接して配置される第1及び第2区画領域(S1及びS2)のそれぞれにマスク(R)のパターンを転写する露光装置であって、前記基板を保持する基板ステージ(WST、WST1又はWST3)と；前記第1区画領域に対する第1露光と前記第2区画領域に対する第2露光との間で前記基板ステージを移動するとき、前記基板ステージの加速時と減速時とでその加速度の絶対値を異ならせる第1駆動装置((42, 78)又は(42a, 160))とを備える。

【0076】これによれば、基板上の第1区画領域に対する第1露光と前記第2区画領域に対する第2露光との間で、マスクパターンの基板上の転写位置を変更するため第1駆動装置により基板ステージが移動される。この際、第1駆動装置では、基板ステージの加速時と減速時とでその加速度の絶対値を異ならせるようになってい。このため、第1駆動装置では、第1区画領域に対する第1露光と第2区画領域に対する第2露光との間における基板ステージの移動の際の加速度の絶対値と減速時の加速度の絶対値とを適宜設定することにより、加速時及び減速時の加速度の絶対値を同一とした場合に比べて、その移動終了後の基板の位置決め整定時間を短くして位置決め整定時間を含む基板ステージの移動に要する総時間を短くする等の基板ステージの移動制御が可能になる。

【0077】この場合において、請求項55に記載の発明の如く、前記第1駆動装置((42, 78)又は(42a, 160))は、前記減速時よりも前記加速時でその加速度の絶対値を大きくすることが望ましい。かかる

場合には、第2走査露光開始前の基板ステージの減速時の負の加速度の絶対値を小さく設定して移動終了時点における基板ステージの振動を効果的に減衰させ、位置決め整定時間を短縮して、移動終了直後に第2露光を開始することが可能になる。また、第1露光終了後における基板ステージの加速時の加速度の絶対値を大きくすることにより、移動時間を不要に長引かせることもない。従って、基板ステージの移動及び位置決め整定時間を含む全体時間を短縮することができるとともに、スループットの向上が可能になる。

【0078】上記請求項54及び55に記載の各発明に係る露光装置において、請求項56に記載の発明の如く、前記基板ステージ(WST、WST1又はWST3)が配置される第1定盤(38又は138)と；前記第1定盤が配置される第2定盤(22)とを更に備え、前記基板ステージの移動にตอบสนองして前記第1定盤が前記第2定盤上で前記基板ステージに対して相対移動するように構成しても良い。かかる場合には、基板ステージが移動すると、これにตอบสนองして第1定盤が第2定盤上で基板ステージに対して相対移動するので、基板ステージの重心移動による偏荷重及び反力を第1定盤の重心移動によりキャンセルすることが可能となるので、基板ステージ、第1定盤、第2定盤を含む系全体の重心を所定位置に保持できる。

【0079】この場合において、請求項57に記載の発明の如く、前記第1定盤(138)上に配置される第2基板ステージ(WST2又はWST4)を更に備える場合には、前記第1定盤は、前記2つの基板ステージ(WST1、WST2又はWST3、WST4)の移動によって生じる反力の合力を相殺するように移動されることが望ましい。かかる場合、2つの基板ステージが同時に移動した場合には、第1定盤は、その移動によって生じる反力の合力を相殺するように移動される。すなわち、2つの基板ステージの移動による反力をキャンセルするように第1定盤が移動し、結果的に2つの基板ステージ、第1定盤、第2定盤を含む系全体の重心を所定位置に保持できる。従って、一方の基板ステージの動作が他方の基板ステージに外乱として作用することがないように基板ステージ同士の動作の調整を行う必要がなくなるので、制御負担が軽減されるとともに、各基板ステージの位置制御性をともに高く維持することができる。

【0080】上記請求項56に記載の露光装置において、請求項58に記載の発明の如く、前記第1定盤(138)上に配置される第2基板ステージ(WST2又はWST4)を更に備える場合に、前記第1定盤は、前記2つの基板ステージ(WST1、WST2又はWST3、WST4)の少なくとも一方の移動による重心位置変動の発生を防止するように移動されても良い。かかる場合には、いずれかの基板ステージが移動すると、その移動による反力により第1定盤が移動して、その基板ス



ページの重心移動による偏荷重を第1定盤の重心移動によりキャンセルすることができ、結果的に2つの基板ステージ、第1定盤及び第2定盤を含む系全体の重心位置を所定位置に保持できる。同様に、基板ステージが2つ同時に駆動された場合には、その駆動力の合力に対応する反力により、2つの基板ステージの重心移動による偏荷重を第1定盤の重心移動によりキャンセルするように第1定盤が移動し、結果的に2つの基板ステージ、第1定盤及び第2定盤を含む系全体の重心位置を所定位置に保持できる。

【0081】上記請求項56～58に記載の各発明に係る露光装置において、請求項59に記載の発明の如く、前記第1定盤(138)を前記第2定盤(22)に対して相対移動する第2駆動装置(44)と；前記第2駆動装置(44)の制御応答を、前記基板の露光動作を含む複数の動作でそれぞれ可変とする制御装置(160)とを更に備えていても良い。かかる場合、例えば、基板ステージの位置制御を高精度に行う必要がある動作、例えば露光及びアライメント等の際には第1定盤が基板ステージの移動による反力に応じて移動するようにする必要があるので、制御装置では、第1駆動装置による基板ステージの駆動に追従できないように第2駆動装置の制御応答を設定する。一方、基板の位置制御をそれほど高精度に行う必要がない動作の際には、制御装置では、第1定盤が基板ステージの移動による影響を受けず第2定盤に対する位置をほぼ維持するように第2駆動装置の制御応答を設定する。これにより、第1定盤の必要ストロークを小さくすることができる。

【0082】この場合において、請求項60に記載の発明の如く、前記制御装置(160)は、前記第1及び第2露光間での前記基板ステージの移動時に、前記第1定盤(138)が前記第2定盤(22)に対する位置をほぼ維持するような制御が可能となるように前記第2駆動装置(44)の制御応答を設定しても良い。

【0083】上記請求項54～60に記載の各発明に係る露光装置において、請求項61に記載の発明の如く、前記第1駆動装置((42, 78)又は(42a, 160))は、前記基板上の複数の区画領域がステップ・アンド・リピート方式、又はステップ・アンド・スキャン方式で露光されるように前記基板ステージを移動しても良い。すなわち、かかる逐次移動型の露光装置の場合、基板ステージのステッピング(マスクパターンの転写位置に対する基板ステージの位置決め(ステップ・アンド・リピート方式の場合)、あるいは基板上の各区画領域に対するマスクパターンの転写のための基板ステージの走査開始位置への移動(ステップ・アンド・スキャン方式の場合))が繰り返して行われるので、上記の基板ステージの位置制御性向上が全体の露光時間短縮に寄与する割合が大きくなる。

【0084】上記請求項54～61に記載の露光装置に

おいて、請求項62に記載の発明の如く、前記第1駆動装置は、前記基板ステージを少なくとも3自由度で駆動する第1の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ(42、又は42a、42b)を有していても良い。ここで、第1の平面磁気浮上型リニアアクチュエータが基板ステージを例えば移動面内で3自由度で駆動する場合には、適宜なZ・チルト機構と組み合わせることにより、基板ステージの6自由度方向の位置・姿勢制御が可能となる。また、例えば、第1の平面磁気浮上型リニアアクチュエータが基板ステージを6自由度方向で駆動する場合には、該第1の平面磁気浮上型リニアアクチュエータによって基板ステージの6自由度方向の位置・姿勢制御が可能となるので、基板ステージを単なる板状部材で構成する等、基板ステージの構成の簡略化・軽量化が可能である。

【0085】上記請求項59～62に記載の各発明に係る露光装置において、請求項63に記載の発明の如く、前記第2駆動装置は、前記第1定盤(138)を前記第2定盤(22)に対して相対移動する第2の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ(44)を有していても良い。

【0086】請求項64に記載の発明は、マスク(R)のパターンを基板(W1, W2)上に転写する露光装置であって、第1定盤(138)と；前記第1定盤上にそれぞれ配置される前記基板をそれぞれ保持する複数の基板ステージ(WST1、WST2又はWST3、WST4)と；前記第1定盤が配置される第2定盤(22)と；前記複数の基板ステージの少なくとも1つの移動による重心位置変動を抑制するように、前記第2定盤に対して前記第1定盤を相対移動可能に支持する支持装置(44)とを備える。かかる場合には、いずれかの基板ステージが移動すると、その移動による反力により支持装置により支持された第1定盤が移動して、その基板ステージの重心移動による偏荷重を第1定盤の重心移動によりキャンセルすることができ、結果的に複数の基板ステージ、第1定盤及び第2定盤を含む系全体の重心位置を所定位置に保持できる。同様に、複数の基板ステージが同時に移動する場合には、それぞれの基板ステージの移動によって生じる反力の合力により、複数の基板ステージの重心移動による偏荷重を第1定盤の重心移動によりキャンセルするように支持装置に支持された第1定盤が移動され、結果的に複数の基板ステージ、第1定盤及び第2定盤を含む系全体の重心位置を所定位置に保持できる。従って、一つの基板ステージの動作が他の基板ステージに外乱として作用することがないように基板ステージ同士の動作の調整を行う必要がなくなるので、制御負担が軽減されるとともに、各基板ステージの位置制御性をともに高く維持することができる。

【0087】この場合において、請求項65に記載の発明の如く、前記複数の基板ステージのうち第1基板ステ



ージ (WST1又はWST3) は、前記基板 (W1) がステップ・アンド・リピート方式又はステップ・アンド・スキャン方式で露光されるように移動される場合に、前記支持装置は前記第1定盤 (138) を前記第2定盤 (22) に対して相対移動可能に支持する平面磁気浮上型リニアアクチュエータを有していても良い。かかる逐次移動方式の場合、第1基板ステージのステッピング (マスクパターンの転写位置に対する第1基板ステージの位置決め (ステップ・アンド・リピート方式の場合)、あるいは基板上の各区画領域に対するマスクパターンの転写のための第1基板ステージの走査開始位置への移動 (ステップ・アンド・スキャン方式の場合)) が繰り返して行われるので、上記の第1基板ステージの位置制御性向上が全体の露光時間短縮に寄与する割合が大きくなる。

【0088】この場合において、請求項66に記載の発明の如く、前記第1基板ステージ (WST1又はWST3) 上の基板 (W1) の露光動作中、前記第1基板ステージと異なる第2基板ステージ (WST2又はWST4) は露光動作以外の動作が実行されるように駆動されても良い。かかる場合には、第1基板ステージ上と第2基板ステージ上で露光動作及びこれ以外の動作とが同時並行的に処理されるので、全体のスループットを向上することができる。また、第1基板ステージの動作が第2基板ステージに外乱として作用することもない。

【0089】この場合において、第1基板ステージ上の基板の露光動作中、請求項67に記載の発明の如く、前記基板上のマークを検出するアライメント系 (124a、124b) を更に備え、前記第2基板ステージ (WST2又はWST4) では、前記アライメント系によるマーク検出、又は前記基板のロード又はアンロードが実行されても良い。

【0090】上記請求項54～67に記載の各発明に係る露光装置において、請求項68に記載の発明の如く、前記基板ステージ (WST3、WST4) は、互いに延設方向が鋭角に交差するように配置される第1及び第2反射面 (60a及び60b (又は60c)) を有し、前記第1及び第2反射面とそれぞれ直交する測長軸を有する第1及び第2の干渉計を更に備えていても良い。これによれば、第1反射面と第2反射面の少なくとも一方が、直交座標系の座標軸のいずれかと直角以外で交差する方向に延びるので、その反射面については上記直交2軸方向の反射面を有する基板ステージに比べて、上記直交座標系のいずれかの座標軸方向移動の際には、干渉計のビームが長い時間当たり続ける。従って、例えば、ステップ等の静止型露光装置の場合であっても、基板ステージの端部に空間像計測器、基準マーク等を配置して、ステージを移動しながら計測を行う場合などには、その移動の際の助走距離等を考慮して直交座標系の座標軸のいずれかと交差する方向の反射面を余計に延ばさなくて

も、その計測が可能となり、基準マーク等の配置の自由度が向上する。かかる意味で、第1反射面と第2反射面がともに、直交座標系の所定の座標軸に交差することが望ましい。

【0091】この場合において、請求項69に記載の発明の如く、前記第1及び第2反射面 (60a及び60b (又は60c)) は、当該両反射面を上底及び下底以外の2辺とする台形が前記基板を包含するように配置されることが望ましい。ここで、台形は、上底=0、すなわち三角形をも含む概念である。この場合において、上記台形は、基板に外接するものであることがより望ましい。

【0092】上記請求項68及び69に記載の各発明において、請求項70に記載の発明の如く、前記第1及び第2反射面はそれぞれ前記基板ステージ (WST) 上で前記基板をほぼ包含する三角形の2辺に沿って形成されていても良い。

【0093】上記請求項68～70に記載の各発明に係る露光装置において、請求項71に記載の発明の如く、前記第1反射面、又は前記第2反射面はその延設方向に関する長さが前記基板上の露光範囲よりも実質的に長く定められていることが望ましい。ここで、「実質的に長く」とは、第1反射面、第2反射面が必ずしも一連の反射面とは限らず、延設方向に所定のクリアランスを介して隣接配置された複数の反射鏡の集合から成るような場合も考えられるので、そのような場合には延設方向の全長が露光範囲より長いという趣旨である。また、「露光範囲」とは、基板上にマスクのパターンを転写すべき領域が1領域である場合にはその領域の範囲を意味するが、基板上にマスクパターンを転写すべき部分領域が複数領域ある場合には、請求項72に記載の発明の如く、前記露光範囲は、前記基板上で前記マスク (R) のパターンを転写すべき全ての部分領域を含む。

【0094】上記請求項54～67に記載の各発明に係る露光装置において、請求項73に記載の発明の如く、前記マスクを保持するマスクステージ (RST) と；前記マスクのパターンを前記基板上に転写するため、前記マスクステージと前記基板ステージ (WST3、WST4) とを第1方向に同期移動する駆動装置とを更に備える場合に、前記基板ステージは、前記同期移動される第1方向と鋭角に交差する方向に沿って延びる測長用第1基準面 (60a) を有していても良い。

【0095】この場合、例えば、第1方向と測長用第1基準面との成す角を $\Theta$ 、測長用第1基準面の長さを $L$ とすると、この測長用第1基準面の第1方向成分 $L1$ は $L \cos \Theta$ となる。換言すれば、基板ステージが第1方向に移動する場合を考えると、第1方向に延びる長さ $L1$ の反射面に比べて $1/\cos \Theta (>1)$ 倍だけ長い時間 (移動距離) だけ第1反射面には測長用のビームが当たり続け、切れることがない。従って、測長用第1基準面

を用いて少なくとも基板ステージ（基板）の非走査方向の位置を制御するものとする。従来の四角形ステージの位置制御の場合のように、基板周辺の領域の露光の際のいわゆるプリスキャン又はオーバースキャン距離を見込んで測長用第1基準面を余計に延ばさなくても、第1方向の移動ストローク全域に渡り第1方向に直交する第2方向（非走査方向）の位置制御が可能となる。従って、基板ステージの小型化が可能である。

【0096】この場合において、請求項74に記載の発明の如く、前記第1基準面（60a）はその延設方向に関して、前記基板の走査露光動作における前記基板ステージの移動範囲のほぼ全域に渡って形成されることが望ましい。かかる場合には、基板の走査露光動作中に、測長用第1基準面から測長用ビームが外れることがないので、基板ステージの第1方向の移動ストローク全域に渡り第1方向に直交する第2方向（非走査方向）の位置制御が可能となる。

【0097】上記請求項73及び74に記載の各発明に係る露光装置において、請求項75に記載の発明の如く、前記第1基準面（60a）はその延設方向に関する長さが前記基板上の露光範囲よりも実質的に長く定められていることが望ましい。この場合において、露光範囲とは、基板上に走査露光すべき領域が1領域である場合にはその領域の範囲を意味するが、基板上に走査露光すべき区画領域が複数領域ある場合には、請求項76に記載の発明の如く、前記露光範囲は、前記基板（W）上で前記マスク（R）のパターンを転写すべき全ての区画領域を含む。

【0098】上記請求項73～76に記載の各発明に係る露光装置において、請求項77に記載の発明の如く、前記測長用第1基準面（60a）と直交する測長軸（R1X1）を有する第1の干渉計（76X1）を更に備え、前記第1の干渉計の計測値は、前記第1方向、及びこれに直交する第2方向のうち、少なくとも第2方向に関する前記基板ステージの位置制御に用いられても良い。かかる場合には、測長用第1基準面に直交する測長軸を有する第1の干渉計の計測値が基板ステージ（基板）の第2方向（非走査方向）の位置制御に用いられることから、従来の四角形ステージの位置制御の場合のように、基板周辺の領域の露光の際のいわゆるプリスキャン又はオーバースキャン距離を見込んで測長用第1基準面を余計に延ばさなくても、第1方向の移動ストローク全域に渡り第1方向に直交する第2方向（非走査方向）の位置制御が可能となる。従って、基板ステージの小型化が可能である。

【0099】上記請求項73～77に記載の各発明に係る露光装置において、請求項78に記載の発明の如く、前記基板ステージは、前記第1方向と直交する第2方向に延びる測長用第2基準面（60b）を有していても良い。

【0100】第2方向のみならず、第1方向についても基板ステージの位置制御は第1の干渉計の計測値に基づいて行うことは可能であるが、かかる場合には、基板ステージの第1、第2方向のそれぞれの位置を求めるために三角関数演算が必要となる。これに対し、本発明の場合には、測長用第2基準面を基板ステージの第1方向の位置制御に用いることにより、第1方向についてはそのような三角関数演算が不要となる。かかる意味で、請求項79に記載の発明の如く、前記測長用第2基準面（60b）と直交する測長軸を有する第2の干渉計（76Y）を更に備え、前記第2の干渉計の計測値は、前記第1方向に関する前記基板ステージの位置制御に用いられることが望ましい。

【0101】上記請求項73～79に記載の各発明に係る露光装置において、請求項80に記載の発明の如く、前記基板ステージは、前記第1方向、及びこれに直交する第2方向の両方と交差し、かつ前記測長用第1基準面（60a）と異なる方向の測長用第3基準面（60c）を有していることが望ましい。かかる場合には、測長用第3基準面を基板ステージの第1、第2方向の一方又は両方の位置計測に用いることができる。特に、第1測長用基準面とともに第3測長用基準面を基板ステージの位置計測に用いた場合には、平均化効果による高精度な位置計測、ひいては高精度な位置制御が可能になる。かかる意味で、請求項81に記載の発明の如く、前記第3測長用基準面（60b）と直交する測長軸（R1X2）を有する第3の干渉計（76X2）を更に備え、前記第3の干渉計の計測値は、前記第1及び第2方向の少なくとも一方に関する前記基板ステージの位置制御に用いることが望ましい。

【0102】

【発明の実施の形態】《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1～図14に基づいて説明する。

【0103】図1には、本発明に係る露光装置の第1の実施形態の走査型露光装置10の斜視図が示され、図2には、その内部構成が概略的に示されている。この走査型露光装置10は、半導体素子を製造するリソグラフィ装置として現在主流となりつつある、ステップ・アンド・スキャン方式により露光動作を行う投影露光装置である。この走査型露光装置10は、マスクとしてのレチクルR（図2参照）に描画された回路パターンの一部の像を投影光学系PLを介して感応基板（又は基板）としてのウエハW上に投影しつつ、レチクルRとウエハWとを投影光学系PLの視野に対して1次元方向（ここではY方向）に相対走査することによって、レチクルRの回路パターンの全体をウエハW上の複数のショット領域の各々にステップ・アンド・スキャン方式で転写するものである。

【0104】この走査型露光装置10は、図1に示されるように、エキシマレーザ光源11と、露光装置本体1

2と、それらを統括制御する主制御システムとしての制御ラック14とで構成されている。エキシマレーザ光源11は、通常露光装置本体12が設置される超クリーンルームから隔離された別の部屋（クリーン度の低いサービスルーム）に設置される。また、露光装置本体12は、通常、超クリーンルーム内に設置され、内部空間が高度に防塵されるとともに、高精度な温度制御がなされたエンバイロメンタル・チャンバに収納されているが、図1ではこのチャンバ内に収納された本体構造のみが概略的に示されている。

【0105】次に、これら図1及び図2に基づいてエキシマレーザ光源11、露光装置本体12及び制御ラック14の構成について説明する。

【0106】前記エキシマレーザ光源11は、操作パネル11Aを備えている。また、エキシマレーザ光源11には、該操作パネル11Aとインターフェイスされる制御用コンピュータ11B（図1では図示せず、図2参照）が内蔵され、この制御用コンピュータ11Bは通常の露光動作の間は、露光装置制御用のミニコンピュータから成る主制御装置50の指令にตอบสนองしてエキシマレーザ光源11のパルス発光を制御する。

【0107】エキシマレーザ光源11は、露光光源として用いられるもので、例えば波長248nmのKrFエキシマレーザ光、或いは波長193nmのArFエキシマレーザ光をパルス発光する。ここで、エキシマレーザ光源11からの紫外域のパルスレーザ光（以下、適宜「エキシマレーザ光」、「パルス照明光」あるいは「パルス紫外光」ともいう）を露光用照明光として用いるのは、256M～4Gbitクラス以上の半導体メモリ素子（D-RAM）相当の集積度と微細度を持つマイクロ回路デバイスの量産製造に必要とされる最小線幅0.25～0.10μm程度のパターン解像力を得るためである。

【0108】そのパルスレーザ光（エキシマレーザ光）の波長幅は、露光装置の照明系や投影光学系PLを構成する各種の屈折光学素子に起因した色収差が許容範囲内になるように狭帯化されている。狭帯化すべき中心波長の絶対値や狭帯化幅（0.2pm～300pmの間）の値は、前記操作パネル11A上に表示されるとともに、必要に応じて操作パネル11Aから微調整できるようにになっている。また操作パネル11Aからはパルス発光のモード（代表的には自励発振、外部トリガー発振、メンテナンス用発振の3つのモード）が設定できる。

【0109】このように、エキシマレーザを光源とする露光装置の一例は、特開昭57-198631号公報、特開平1-259533号公報、特開平2-135723号公報、特開平2-294013号公報等に開示され、エキシマレーザ光源をステップ・アンド・スキャン露光に利用した露光装置の一例は、特開平2-229423号公報、特開平6-132195号公報、特開平7

-142354号公報等に開示されている。従って図1の走査型露光装置10においても、上記の各特許公開公報に開示された基礎技術をそのまま、或いは部分的に変更して適用することが可能である。

【0110】前記露光装置本体12は、架台部16、レチクルステージRST、照明光学系18、投影光学系PL、LC/MAC系、ステージ装置1、ウエハ搬送ロボット19及びアライメント系等を備えている。

【0111】これを更に詳述すると、図1に示されるように、架台部（第1架台）16は、床面上に4つの防振装置20を介して支えられている。各防振装置20は、露光装置本体12の自重を不図示のエアシリンダ（防振パッド）を介して支えるとともに、露光装置本体12全体の傾き、Z方向の変位、及び露光装置本体全体の図1におけるX、Y方向の変位を、不図示の制御系によるフィードバック制御やフィードフォワード制御によりアクティブに補正するためのアクチュエータと各種のセンサ類とを備えている。この種のアクティブ防振装置については、例えば特開平9-74061号公報等に開示されている。

【0112】架台部16は、床面に平行な定盤22とこの定盤22に対向して上方に設けられた支持板部24とを備え、その形状は内部を空洞にした箱状とされている。支持板部24は、中央に円形の開口部が形成された矩形の板状部材から成り、この中央開口部内に投影光学系PLが当該支持板部24に直交した状態で挿入されている。そして、この投影光学系PLは、その外周部の一部に設けられたフランジ部を介して支持板部24に保持されている。

【0113】支持板部24の上面には、投影光学系PLを囲むように4本の脚部26が立設されている。これらの4本の脚部26の上部には、当該4本の脚部26に支持されると共にこれらの上端を相互に接続するレチクルベース定盤28が設けられている。これら4本の脚部26とレチクルベース定盤28とによって第2コラム（第2架台）が構成されている。

【0114】レチクルベース定盤28の上面にはガイド28bがY方向（第1軸方向、第1方向）に沿って延設されている。また、レチクルベース定盤28の中央部には、開口28a（図2参照）が形成されている。この開口28aに対向して照明光学系18の射出端部が配置されている。

【0115】レチクルベース定盤28上には、レチクルRを吸着保持してガイド28bに沿ってY方向に移動する前記レチクルステージRSTが配置されている。このレチクルステージRSTは、駆動系29（図2参照）を構成するリニアモータ等によって駆動され、このレチクルステージRSTは、レチクルベース定盤28上をY方向に大きなストロークで直線移動するとともに、X方向（第2軸方向、第2方向）とθ方向に関してもボイスコ

イルモータ (VCM)、ピエゾ素子等によって微小駆動が可能な構成となっている。

【0116】レチクルステージRSTの一部には、図2に示されるように、その位置や移動量を計測するためのレチクルレーザ干渉計30からの測長ビームを反射する移動鏡31が取り付けられている。ここで、実際には、レチクルレーザ干渉計は、Y方向（走査方向）位置計測用のレチクルY干渉計とX方向位置計測用のレチクルX干渉計と、 $\theta$ 方向（回転方向）計測用のレチクル $\theta$ 干渉計とが設けられ、それらの各干渉計に対応した移動鏡がレチクルステージRST上に固定されているが、図2においては、これらが代表的にレチクルレーザ干渉計30、移動鏡31として示されている。そして、上記3つのレチクル干渉計によってレチクルステージRSTのX、Y、 $\theta$ 方向計測がそれぞれ行われるが、以下の説明においては、便宜上、レーザ干渉計30によってX、Y、 $\theta$ 方向位置計測が同時に個別に行われるものとする。

【0117】その干渉計30によって計測されるレチクルステージRST（即ちレチクルR）の位置情報（又は速度情報）はレチクルステージコントローラ33に送られる。レチクルステージコントローラ33は、基本的には干渉計30から出力される位置情報（或いは速度情報）が指令値（目標位置、目標速度）と一致するようにレチクルステージRSTを移動させる駆動系（リニアモータ、ボイスコイルモータ、ピエゾモータ等）29を制御する。

【0118】前記照明光学系18は、図1に示されるように、ビーム受光系32をその背面部に収納し、このビーム受光系32とこれに接続された遮光性の管34とから成るBMU（ビームマッチングユニット）を介してエキシマレーザ光源11に接続されている。BMUを構成するビーム受光系32内には、管34を介して導かれたエキシマレーザ光源11からのエキシマレーザ光が、照明光学系18の光軸に対して、常に所定の位置関係で入射するように、エキシマレーザ光の照明光学系18への入射位置や入射角度を最適に調整する複数の可動反射鏡（図示せず）が設けられている。

【0119】照明光学系18は、図2に示されるように、可変減光器18A、ビーム整形光学系18B、第1フライアイレンズ系18C、振動ミラー18D、集光レンズ系18E、照明NA補正板18F、第2フライアイレンズ系18G、照明系開口絞り板18H、ミラー18J、第1リレーレンズ18K、固定レチクルブラインド18L、可動レチクルブラインド18M、第2リレーレンズ18N、照明テレセン補正板（傾斜可能な石英の平行平板）18P、ミラー18Q、及び主コンデンサーレンズ系18R等を備えている。ここで、この照明光学系18の上記構成各部について説明する。

【0120】可変減光器18Aは、エキシマレーザ光の

パルス毎の平均エネルギーを調整するためのもので、例えば減光率が異なる複数の光学フィルタを切り換え可能に構成して減光率を段階的に変更するものや、透過率が連続的に変化する2枚の光学フィルタの重なり具合を調整することにより減光率を連続的に可変にするものが用いられる。この可変減光器18Aを構成する光学フィルタは、主制御装置50によって制御される駆動機構35によって駆動される。

【0121】ビーム整形光学系18Bは、可変減光器18Aによって所定のピーク強度に調整されたエキシマレーザ光の断面形状を該エキシマレーザ光の光路後方に設けられた後述するダブルフライアイレンズ系の入射端を構成する第1フライアイレンズ系18Cの入射端の全体形状と相似になるように整形して該第1フライアイレンズ系18Cに効率よく入射させるもので、例えばシリンドレンズやビームエキスパンダ（いずれも図示省略）等で構成される。

【0122】前記ダブルフライアイレンズ系は、照明光の強度分布を一様化するためのもので、ビーム整形光学系18B後方のエキシマレーザ光の光路上に順次配置された第1フライアイレンズ系18Cと、集光レンズ18Eと、第2フライアイレンズ系18Gとから構成される。この場合、第1フライアイレンズ系18Cと集光レンズ18Eとの間には、被照射面（レチクル面又はウエハ面）に生じる干渉縞や微弱なスペckルを平滑化するための振動ミラー18Dが配置されている。この振動ミラー18Dの振動（偏向角）は駆動系36を介して主制御装置50によって制御されるようになっている。

【0123】第2フライレンズ系18Gの入射端側には、照明光の被照射面における開口数の方向性（照明NA差）を調整する照明NA補正板18Fが配置されている。

【0124】本実施形態のようなダブルフライアイレンズ系と振動ミラー18Bとを組み合わせた構成については、例えば特開平1-235289号公報、特開平7-142354号公報に詳しく開示されている。

【0125】前記第2フライアイレンズ系18Gの射出面の近傍に、円板状部材から成る照明系開口絞り板18Hが配置されている。この照明系開口絞り板18Hには、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口より成る開口絞り、小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである $\sigma$ 値を小さくするための開口絞り、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り、及び変形光源法用に例えば4つの開口を偏心させて配置して成る変形開口絞り等が配置されている。この照明系開口絞り板18Hは、主制御装置50により制御される不図示のモータ等により回転されるようになっており、これによりいずれかの開口絞りがパルス照明光の光路上に選択的に設定され、ケラー照明における光源面形状が輪帯、小円形、大円形、或いは4つ目等に制限される。

【0126】照明系開口絞り板 18H 後方のパルス照明光の光路上に、反射率が大きく透過率が小さなビームスプリッタ 18J が配置され、更にこの後方の光路上に、固定レチクルブラインド 18L 及び可動レチクルブラインド 18M を介在させて第 1 リレーレンズ 18K 及び第 2 リレーレンズ 18N から成るリレー光学系が配置されている。

【0127】固定レチクルブラインド 18L は、レチクル R のパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、レチクル R 上の照明領域を規定する所定形状の開口部が形成されている。本実施形態では、この開口部が走査露光時のレチクル R の移動方向 (Y 方向) と直交した X 方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状に形成されているものとする。

【0128】また、固定レチクルブラインド 18L の近傍に走査方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動レチクルブラインド 18M が配置され、走査露光の開始時及び終了時にその可動レチクルブラインド 18M を介して照明領域を更に制限することによって、不要部分の露光が防止されるようになっている。この可動レチクルブラインド 18M は、駆動系 43 を介して主制御装置 50 によって制御される。

【0129】リレー光学系を構成する第 2 リレーレンズ 18N の出口部分には、照明テレセン補正板 18P が配置されており、さらにこの後方のパルス照明光の光路上には、第 2 リレーレンズ 18N 及び照明テレセン補正板 18P を通過したパルス照明光をレチクル R に向けて反射するミラー 18Q が配置され、このミラー 18Q 後方のパルス照明光の光路上に主コンデンサーレンズ系 18R が配置されている。

【0130】このようにして構成された照明光学系 18 の作用を簡単に説明すると、エキシマレーザ光源 11 からのエキシマレーザ光が管 34、ビーム受光系 32 を介して照明光学系 18 内に入射すると、このエキシマレーザ光は可変減光器 18A により所定のピーク強度に調整された後、ビーム整形光学系 18B に入射する。そして、このエキシマレーザ光は、ビーム整形光学系 18B で後方の第 1 フライアイレンズ系 18C に効率よく入射するようにその断面形状が整形される。次いで、このエキシマレーザ光が第 1 フライアイレンズ系 18C に入射すると、第 1 フライアイレンズ系 18C の射出端側に多数の 2 次光源が形成される。これらの多数の点光源の各々から発散するパルス紫外光は、振動ミラー 18D、集光レンズ系 18E、照明 NA 補正板 18F を介して第 2 フライアイレンズ系 18G に入射する。これにより、第 2 フライアイレンズ系 18G の射出端に多数の微少な光源像を所定形状の領域内に一様分布させた個々の光源像から成る多数の 2 次光源が形成される。この多数の 2 次光源から射出されたパルス紫外光は、照明系開口絞り板 18H 上のいずれかの開口絞りを通過した後、反射率が

大きく透過率が小さなビームスプリッタ 18J に至る。

【0131】このビームスプリッタ 18J で反射された露光光としてのパルス紫外光は、第 1 リレーレンズ 18K によって固定レチクルブラインド 18L の開口部を一樣な強度分布で照明する。但し、その強度分布には、エキシマレーザ光源 11 からのパルス紫外光の可干渉性に依存した干渉縞や微弱なスペックルが数%程度のコントラストで重畳し得る。そのためウエハ面上には、干渉縞や微弱なスペックルによる露光量むらが生じ得るが、その露光量むらは先に挙げた特開平 7-142354 号公報のように、走査露光時のレチクル R やウエハ W の移動とパルス紫外光の発振とに同期させて振動ミラー 18D を振ることで平滑化される。

【0132】こうして固定レチクルブラインド 18L の開口部を通ったパルス紫外光は、可動レチクルブラインド 18M を通過した後、第 2 リレーレンズ 18N 及び照明テレセン補正板 18P を通過してミラー 18Q によって光路が垂直下方に折り曲げられた後、主コンデンサーレンズ系 18R を経て、レチクルステージ RST 上に保持されたレチクル R 上の所定の照明領域 (X 方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状の照明領域) を均一な照度分布で照明する。ここで、レチクル R に照射される矩形スリット状の照明光は、図 1 中の投影光学系 PL の円形投影視野の中央に X 方向 (非走査方向) に細長く延びるように設定され、その照明光の Y 方向 (走査方向) の幅はほぼ一定に設定されている。

【0133】一方、ビームスプリッタ 18J を透過したパルス照明光は、不図示の集光レンズを介して光電変換素子よりなるインテグレートセンサ 46 に入射し、そこで光電変換される。そして、このインテグレートセンサ 46 の光電変換信号が、後述するピークホールド回路及び A/D 変換器を介して主制御装置 50 に供給される。インテグレートセンサ 46 としては、例えば遠紫外域で感度があり、且つエキシマレーザ光源 11 のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有する PIN 型のフォトダイオード等が使用できる。このインテグレートセンサ 46 の出力と、ウエハ W の表面上でのパルス紫外光の照度 (露光量) との相関係数は予め求められて、主制御装置 50 内のメモリに記憶されている。

【0134】前記投影光学系 PL としては、ここでは、物体面 (レチクル R) 側と像面 (ウエハ W) 側の両方がテレセントリックで円形の投影視野を有し、石英や螢石を光学硝材とした屈折光学素子 (レンズ素子) のみから成る  $1/4$  (又は  $1/5$ ) 縮小倍率の屈折光学系が使用されている。そして、レチクル R 上の回路パターン領域のうちのパルス紫外光によって照明された部分からの結像光束が、投影光学系 PL を介して、後述するウエハステージ WST 上のホルダに静電吸着されたウエハ W 上のレジスト層に  $1/4$  又は  $1/5$  に縮小されて投影される。

【0135】なお、投影光学系 PL を特開平 3-282527 号公報に開示されているように屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡やビームスプリッタ等）とを組み合わせたいわゆるカタディオプトリック系としてもよいことは勿論である。

【0136】前記 LC/MAC 系は、投影光学系 PL の各種光学特性（結像性能）を微調整するもので、本実施形態では、投影光学系 PL 内の物体面に近い位置に設けられ光軸方向への微小移動及び光軸直交面に対する微小傾斜が可能なテレセン部レンズ系 G2 とこのレンズ系 G2 を光軸方向（傾斜を含む）に微動させる駆動機構 96 とから成る MAC と、投影光学系 PL 内の外気に対して密封された特定の空気間隔室（密封室）内の気体圧力をパイプ 94 を介して例えば  $\pm 20 \text{ mmHg}$  程度の範囲内で加減圧することによって投影像の結像倍率を微調整するレンズコントローラ 102 とを含んで構成されている。前記 MAC は投影像の倍率又はディストーション（等方的な歪曲収差、又は樽形、糸巻き形、台形等の非等方的な歪曲収差等）を調整することができる。

【0137】この場合、レンズコントローラ 102 はレンズ系 G2 の駆動機構 96 に対する制御系にもなっており、レンズ系 G2 の駆動によって投影像の倍率を変えるか、投影光学系 PL 内の密封室の圧力制御によって投影像の倍率を変えるかを切替え制御したり、或いは併用制御したりする。レンズコントローラ 102 も主制御装置 50 の管理下に置かれている。

【0138】但し、波長  $193 \text{ nm}$  の ArF エキシマレーザ光源を照明光とした場合は、照明光路内と投影光学系 PL の鏡筒内とが窒素ガスやヘリウムガスで置換されるため、投影光学系 PL 内の特定の空気間隔室内の屈折率を変更しにくいので、この空気間隔室内の圧力を加減圧する機構を省略してもよい。

【0139】また、投影光学系 PL 内の像面に近い位置には、投影される像のうち特に像高の大きい部分（投影視野内の周辺に近い部分）に生じ易いアス・コマ収差を低減させるためのアス・コマ収差補正板 G3 が含まれている。

【0140】さらに、本実施形態では、円形視野内の実効的な像投影領域（固定レチクルブラインド 18L の開口部で規定）に形成される投影像に含まれるランダムなディストーション成分を有効に低減させるための像歪み補正板 G1 が、投影光学系 PL のレンズ系 G2 とレチクル R との間に配置されている。この補正板 G1 は、数ミリ程度の厚みを持つ平行な石英板の表面を局所的に研磨し、その研磨部分を通る結像光束を微小に偏向させるものである。このような補正板 G1 の作り方の一例は、特開平 8-203805 号公報に詳細に開示されており、本実施形態においても基本的にはその公報に示された手法を応用するものとする。

【0141】次に、ステージ装置 1 について説明する。

このステージ装置 1 は、図 1 及び図 2 に示されるように、前記架台部（第 1 コラム）16 を構成する定盤 22 と、この定盤 22 上に XY 面内で相対移動可能に支持された可動型定盤 38 と、この可動型定盤 38 上に XY 面内で該可動型定盤 38 に対して相対移動可能に支持された基板ステージとしてのウエハステージ WST とを備えている。

【0142】ウエハステージ WST は、投影光学系 PL 下方で可動型定盤 38 上に設けられた第 1 の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 42（図 5（B）参照）によって浮上支持されるとともに、投影光学系 PL の光軸 AX と直交する XY 2 次元平面内で自在に駆動されるようになっている。また、可動型定盤 38 は、ウエハステージ WST と同様に、定盤 22 上に設けられた第 2 の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 44（図 5（B）参照）によって浮上支持されるとともに、XY 2 次元平面内で自在に駆動されるようになっている。なお、図 2 においては、図示の便宜上、上記の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 42、44 が纏めて駆動系 48 として図示されている。この駆動系 48、すなわち平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 42、44 は、ウエハステージコントローラ 78 によって制御されるようになっている。なお、可動型定盤 38 の制御方法、役割等については後に詳述する。

【0143】前記ウエハステージ WST は、図 1 に示されるように、可動型定盤 38 上を XY 2 次元平面内で自在に移動可能な第 2 プレートとしての移動ステージ 52 と、この移動ステージ 52 上に搭載された駆動機構としてのレベリング駆動機構 58 と、このレベリング駆動機構 58 により支持されウエハ W を保持する第 1 プレートとしての基板テーブル TB とを備えている。

【0144】移動ステージ 52 は、本実施形態では正三角形形状に形成され、その一端面がレチクルステージ RST の走査方向である Y 軸方向（第 1 方向、第 1 軸方向）に直交する向きで可動型定盤 38 上に配置されている。

【0145】前記基板テーブル TB は、移動ステージ 52 と全く同一形状の正三角形形状に形成され、平面視で見ると移動テーブル 52 に重なる状態でレベリング駆動機構 58 を構成する 3 つのアクチュエータ ZAC に支持されている。この基板テーブル TB 上には、ほぼ円形のウエハホルダ 54 が設けられており（図 3（C）参照）、このウエハホルダ 54 にウエハ W が静電吸着され、平坦化矯正されて保持されている。このウエハホルダ 54 はウエハ W の露光時の熱蓄積による膨脹変形を押さえるために温度制御されている。

【0146】前記レベリング駆動機構 58 は、基板テーブル TB を正三角形の 3 つの頂点近傍でそれぞれ支持するとともに各支持点で XY 平面に垂直な Z 方向に独立して駆動可能な 3 つのアクチュエータ（ピエゾ、ボイスコイルモータ等）ZACX1、ZACX2、ZACY（図

3 (A) 参照) と、これら3つのアクチュエータZACX1、ZACX2、ZACYを独立に制御することにより基板テーブルTBを光軸AXの方向(Z方向)に微動するとともに、XY平面に対して傾斜させるアクチュエータ制御装置56とによって構成される。アクチュエータ制御装置56に対する駆動指令はウエハステージコントローラ78から出力される。

【0147】なお、図2では図示が省略されているが、投影光学系PLの結像面とウエハW表面とのZ方向の偏差(フォーカス誤差)や傾斜(レベリング誤差)を検出するフォーカス・レベリングセンサが投影光学系PLの近傍に設けられ、ウエハステージコントローラ78はそのセンサからのフォーカス誤差信号やレベリング誤差信号に応答してアクチュエータ制御装置56に駆動指令を出力する。そのようなフォーカス・レベリング検出系の一例は、特開平7-201699号公報に詳細に開示されている。

【0148】ウエハステージWST、すなわち基板テーブルTBの図3(A)の各干渉計ビームの方向の位置は、図2に示されるレーザ干渉計システム76によって逐次計測され、その位置情報はウエハステージコントローラ78に送られる。ウエハステージコントローラ78は、所定の演算によりXY座標位置を求め、この求めた座標位置と位置決めすべき目標位置情報とに基づいてウエハステージWSTを駆動させるための指令信号を駆動系48へ出力する。

【0149】ここで、図3(A)～(C)を用いて上記レーザ干渉計システム76の具体的な構成について詳述する。

【0150】図3(A)には、レーザ干渉計システム76を構成する第1～第3の干渉計76X1、76Y、76X2及びそれら3つの干渉計からの干渉計ビームRIX1、RIY、RIX2が基板テーブルTBとともに平面図にて示されている。

【0151】この図3(A)からもわかるように、本実施形態では、基板テーブルTBは平面視で正三角形に形成され、その3つの側面にはそれぞれ鏡面加工がなされて第1～第3の反射面60a、60b、60cが形成されている。そして、第2の干渉計76Yは、走査方向であるY軸方向(第1軸方向)の干渉計ビームRIYを第2反射面60bに垂直に照射し、その反射光を受光することにより、基板テーブルTBのY軸方向位置(或いは速度)を計測するようになっている。また、第1の干渉計76X1は、Y軸方向に対して所定角度 $\theta_1$ ( $\theta_1$ はここでは $-60^\circ$ )傾斜した方向の干渉計ビームRIX1を第1反射面60aに垂直に照射し、その反射光を受光することにより干渉計ビームRIX1の方向である第3軸方向の位置(或いは速度)を計測するようになっている。同様に、第3の干渉計76X2は、Y軸方向に対して所定角度 $\theta_2$ ( $\theta_2$ はここでは $+60^\circ$ )傾斜し

た方向の干渉計ビームRIX2を第3反射面60cに垂直に照射し、その反射光を受光することにより干渉計ビームRIX2の方向である第4軸方向の位置(或いは速度)を計測するようになっている。

【0152】ところで、ウエハステージWSTのXY移動や基板テーブルTBの微動によってXY面内で生じ得る微小回転誤差(ヨーイング成分も含む)が露光精度に悪影響を与えることを考慮して、本実施形態ではレーザ干渉計システム76を構成する各干渉計としては、複数軸の干渉計が用いられている。

【0153】図3(B)には、第2の干渉計76Yからの干渉計ビームRIYが該干渉計を構成する一部の光学系とともに詳細に示されている。この図3(B)に示されるように、基板テーブルTBの第2反射面60bには、干渉計76Yから射出された平面視で見て2軸の測長ビームである第1、第2の測長ビームRIY<sub>1</sub>、RIY<sub>2</sub>が照射されている。これらの測長ビームRIY<sub>1</sub>、RIY<sub>2</sub>は、同一水平面上でX方向に所定距離離れて第2反射面60bに垂直に照射されている。これらの測長ビームRIY<sub>1</sub>、RIY<sub>2</sub>は、不図示の光源から射出されて直線偏光光束として、それぞれ偏光ビームスプリッタ62A、62Bを透過後、 $\lambda/4$ 板64A、64Bを介して円偏光となり第2反射面60bを照射する。その戻り光は、再び $\lambda/4$ 板64A、64Bを透過後最初の偏光条件と直交した直線偏光光束となり、偏光ビームスプリッタ62A、62Bにてそれぞれ反射され、コーナーキューブ部66A、66Bに入射する。ここで、3面にて反射した光束は再び偏光ビームスプリッタ62A、62B、 $\lambda/4$ 板64A、64Bを通過して円偏光になって第2反射面60bに達する。そして、その反射光が $\lambda/4$ 板64A、64Bを通過する際に最初と同じ偏光条件の直線偏光となって偏光ビームスプリッタ62A、62Bを通過後、入射光束と平行に干渉計本体側に戻るようになっている。すなわち、各測長ビームRIY<sub>1</sub>、RIY<sub>2</sub>による計測はいわゆるダブルパス構成によって行われるようになっている。

【0154】前記戻り光束は、干渉計本体部内で不図示の固定鏡からの参照ビームの戻り光束と重なり、それらの重なり光束の干渉縞をカウントすることで、通常の倍の精度で基板テーブルTBの第2反射面60bの図3

(B)中の一点鎖線で示す軸Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>上の位置をそれぞれ独立に計測可能となっている。また、これらの測長ビームRIY<sub>1</sub>、RIY<sub>2</sub>による計測値の差に基づいて基板テーブルTBの回転を求めることができる。

【0155】しかし、回転計測ができるのみでは、特に、本実施形態のように、基板テーブル側面を鏡面加工して移動鏡とする構成の場合には、十分でない。このような場合には、干渉計からの測長ビームをウエハW表面と同一高さに設定できないからである。かかる点を考慮して、図3(C)に示されるように、第2の干渉計76

Yからは測長ビーム $RIY_1$  (又は $RIY_2$ ) の照射位置からXY平面に直交する面方向 (下向) に所定距離離れた位置に照射される第3の測長ビーム $RIY_3$ が照射されている。従って、測長ビーム $RIY_1$  (又は $RIY_2$ ) と測長ビーム $RIY_3$ との差に基づいて基板テーブルTBのXY面に対する傾斜を求めることができる。

【0156】かかる意味からすれば、測長ビーム $RIY_1$ 、 $RIY_2$ の照射位置からそれぞれXY平面に直交する面方向 (下向) に所定距離離れた位置に、第3の測長ビーム、第4の測長ビームをそれぞれ照射するようにしても良い。すなわち、基板テーブルTBのXY面内の回転及びXY面内に対する傾斜を求めることができるように、第2反射面60b上で、同一直線状にない少なくとも3本の測長ビームを干渉計76Yから第2反射面60bに照射するような構成が望ましい。また、当然ながら、計測精度の向上のためには、第3、第4の測長ビームによる計測もいわゆるダブルパス構成であることが望ましい。

【0157】その他の干渉計76X1、76X2も上記の干渉計76Yと同様に、3本の測長ビームを第1反射面60a、第3反射面60cに照射し、それぞれの反射光を受光することにより第1反射面60a、第3反射面60cの各測長ビームの照射ポイントの各測長ビーム方向の位置をそれぞれ独立して計測するようになっている。図3(A)においては、干渉計76X1、76X2、76Yからのそれぞれ3本 (又は4本) の測長ビームが、代表的に干渉計ビーム $RIX1$ 、 $RIX2$ 、 $RIY$ として示されているものである。

【0158】この場合、図3(A)に示されるように、正三角形形状のウエハテーブルTBの各側面の反射面60a、60b、60cに、干渉計76X1、76Y、76X2が少なくとも各3本の測長ビームからなる成る干渉計光束を垂直に照射し、各干渉計光束の対向する位置にチルト、Z方向を駆動するためのアクチュエータZACX1、ZACY、ZACX2が配置され、それぞれの干渉計により計測された対応する反射面のチルト角度に応じてアクチュエータZACX1、ZACY、ZACX2を独立に制御できるため、高いチルト駆動制御応答が得られる構成となっている。

【0159】図2に戻り、基板テーブルTBの一部には、投影光学系PLを通して投影されるレチクルR上のテストパターンの像やアライメントマークの像を光電検出するための空間像検出器KESが固定されている。この空間像検出器KESは、その表面がウエハWの表面の高さ位置とほぼ同じになるように取り付けられている。ただし実際には、基板テーブルTBをZ方向の全移動ストローク (例えば1mm) の中心に設定したときに、投影光学系PLの結像面と空間像検出器KESの表面とが合致するように設定されている。

【0160】空間像検出器KESは、露光量計測、照度

ムラ計測、結像特性計測等に用いられるものである。ここで、空間像検出器KESの構成及びそれを用いた結像特性計測について詳述する。図4には、図2中の基板テーブルTB上に取り付けられた空間像検出器KESの構成とそれに関連した信号処理系の構成が概略的に示されている。

【0161】この図4において、空間像検出器KESは、基板テーブルTB上のウエハWの表面とほぼ同じ高さ (例えば $\pm 1$ mm程度の範囲) になるように設けられた遮光板140、その遮光板140の所定位置に形成された数十 $\mu$ m〜数百 $\mu$ m程度の矩形開口 (ナイフエッジ開口) 141、開口141を透過した投影光学系PLからの結像光束を大きなNA (開口数) で入射する石英の光パイプ142、及び光パイプ142によってほぼ損失なく伝送される結像光束の光量を光電検出する半導体受光素子 (シリコンフォトダイオード、PINフォトダイオード等) 143を備えている。

【0162】本実施形態の如く、露光用照明光をエキシマレーザ光源11から得る場合、空間像検出器KESの受光素子143からの光電信号は、エキシマレーザ光源11のパルス発光に応答したパルス波形となる。すなわち、投影光学系PLの物体面に設置された不図示のテストレチクル上のある物点からの像光路をMLEとすると、その像光路MLEが空間像検出器KESの矩形開口141に合致するように基板テーブルTB (即ちウエハステージWST) をX、Y方向に位置決めした状態で、図2中のエキシマレーザ光源11をパルス発光させると、受光素子143からの光電信号も時間幅が10〜20ns程度のパルス波形となる。

【0163】これを考慮して、本実施形態では、空間像検出器KESの信号処理系内に、受光素子143からの光電信号を入力し増幅するとともに、前述したレーザ干渉計システム76のレシーバ76Eで作られる10nm毎の計数用パルス信号に応答してサンプル動作とホールド動作とを交互に行うサンプルホールド回路 (以下、「S/H回路」という) 150Aが設けられている。この他、上記信号処理系内には、S/H回路150Aの出力をデジタル値に変換するA/D変換器152Aと、そのデジタル値を記憶する波形メモリ回路 (RAM) 153Aと、波形解析用コンピュータ154とを備えている。また、この場合、RAM153Aのアдресカウンタとしてレーザ干渉計システム76から送られてくる10nm毎の計数用パルス信号を計数するアップダウンカウンタ151が設けられている。

【0164】本実施形態では、エキシマレーザ光源11の制御用コンピュータ11B (図2参照) は、レーザ干渉計システム76からの計測値に基づきウエハステージコントローラ78で演算され、後述する同期制御系80、主制御装置50に送られる座標位置情報に応じてパルス発光のトリガを行う。すなわち、本実施形態ではエ



キシマレーザ光源11のパルス発光が基板テーブルTBの座標位置に応じて行われ、そのパルス発光に同期してS/H回路150Aが受光素子143からのパルス信号波形のピーク値をホールドするようになっている。そして、このS/H回路150Aでホールドされたピーク値は、A-D変換器152Aによってデジタル値に変換され、そのデジタル値は波形メモリ回路(RAM)153Aに記憶される。RAM153Aの記憶動作時の番地(アドレス)は、前記アップダウンカウンタ151によって作られ、基板テーブルTBの位置とRAM153Aの記憶動作時の番地(アドレス)とが一義的に対応付けられる。

【0165】ところで、エキシマレーザ光源11からのパルス光のピーク強度は各パルス毎に数%程度の変動がある。そこで、その変動による像計測精度の劣化を防止するために、本実施形態の信号処理回路内には、図4に示されるように、前述した照明光学系内に設けられた強度検出用の光電検出器(インテグレートセンサ)46からの光電信号(パルス波形)が入力されるS/H回路150B(これは前記SH回路150Aと同様の機能を有する)、該S/H回路150Bの出力をデジタル値に変換するA-D変換器152Bと、そのデジタル値を記憶する波形メモリ回路(RAM)153B(記憶動作時のアドレス生成はRAM153Aと共通)とが設けられている。

【0166】これによって基板テーブルTBの位置とRAM153Bの記憶動作時の番地(アドレス)とが一義的に対応付けられた状態で、エキシマレーザ光源11からの各パルス光のピーク強度がRAM153Bに記憶される。

【0167】以上のようにして各RAM153A、153Bに記憶されたデジタル波形は波形解析用のコンピュータ(CPU)154に読み込まれ、RAM153Aに記憶された像強度に応じた計測波形がRAM153Bに記憶された照明パルス光の強度ゆらぎ波形で規格化(除算)される。規格化された計測波形は波形解析用コンピュータ154内のメモリに一時的に保持されるとともに、計測すべき像強度の中心位置が各種の波形処理プログラムによって求められる。

【0168】本実施形態では、空間像検出器KESの開口141のエッジを使ってテストレチクル上のテストパターン像を検出するので、波形解析用コンピュータ154によって解析される像の中心位置は、テストパターン像の中心と開口141のエッジとがXY面内で合致する場合にレーザ干渉計システム76によって計測される基板テーブルTB(ウエハステージ14)の座標位置として求まる。

【0169】こうして解析されたテストパターン像の中心位置の情報は主制御装置50に送られ、主制御装置50はテストレチクル上の複数点(例えば理想格子点)に

形成されたテストパターン各投影像の位置を順次計測するための動作を、エキシマレーザ光源11の制御用コンピュータ11B、ウエハステージコントローラ78、及び波形解析用コンピュータ154に指示する。

【0170】上記のようにして、空間像検出器KESによって投影光学系PLの結像性能や照明光学系の照明特性を計測し、その計測結果に基づいて図2中に示した各種の光学要素や機構を調整することができる。

【0171】更に、本実施形態の基板テーブルTB上には、その表面がウエハWの表面の高さ位置とほぼ同じになるようにされた基準マーク板FMが設けられている

(図5(A)参照)。この基準マーク板FMの表面には後述する各種アライメント系によって検出可能な基準マークが形成され、それらの基準マークは、各アライメント系の検出中心点のチェック(キャリブレーション)、それら検出中心点間のベースライン長の計測、レチクルRのウエハ座標系に対する位置チェック、又はレチクルRのパターン面と共役な最良結像面のZ方向の位置チェック等のために使われる。なお、上記基準マークは、前述したKESの表面に形成すれば、同一基準板によりX、Y、Zチルト方向のキャリブレーションが可能となるので、各基準板に対応した累積誤差を軽減することができる。

【0172】図1に示されるウエハ搬送ロボット19は、不図示のウエハ載置部からウエハステージWSTまでウエハWを搬送するウエハ搬送系の一部を構成するもので、所定のローディング位置(受渡し位置)に移動してきたウエハステージWSTのホルダとの間でウエハWの受け渡しを行うロボットアーム(ウエハロード/アンロードアーム)21を備えている。

【0173】本実施形態の走査型露光装置10では、アライメント系として、投影光学系PLを介さないでウエハW上の各ショット領域毎に形成されたアライメントマークや、基準マーク板FM上の基準マークを光学的に検出するオフアクシス・アライメントセンサ(アライメント光学系)が用いられている。このアライメント光学系ALGは、図2に示されるように、投影光学系PLの側方に配置されている。このアライメント光学系は、ウエハW上のレジスト層に対して非感光性の照明光(一様照明又はスポット照明)を対物レンズを通して照射し、アライメントマークや基準マークからの反射光を対物レンズを介して光電的に検出する。光電検出されたマーク検出信号は、信号処理回路68に入力されるが、この信号処理回路68には、ウエハステージコントローラ78、同期制御系80及び主制御装置50を介してレーザ干渉計システム76の計測値が入力されている。そして、信号処理回路68は、上記の光電検出されたマーク検出信号を所定のアルゴリズムの下で波形処理し、この処理結果とレーザ干渉計システム76の計測値とに基づいて、マークの中心がアライメント光学系ALG内の検出中心

(指標マーク、撮像面上の基準画素、受光スリット、或いはスポット光等)と合致するようなウエハステージWSTの座標位置(ショットアライメント位置)、或いは検出中心に対するウエハマーク、基準マークの位置ずれ量を求めるようになっている。その求められたアライメント位置または位置ずれ量の情報は、主制御装置50に送られ、ウエハステージWSTのアライメント時の位置決め、ウエハW上の各ショット領域に対する走査露光の開始位置の設定等に用いられる。

【0174】さらに、本実施形態の走査型露光装置10では、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを同期移動させるための同期制御系80が、制御系内に設けられている。この同期制御系80は、特に走査露光時に、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを同期移動させる際に、レチクルステージコントローラ33による駆動系29の制御とウエハステージコントローラ78による駆動系48の制御とを相互に連動させるために、レチクルレーザ干渉計30、干渉計システム76で計測されるレチクルRとウエハWの各位置や各速度の状態をリアルタイムにモニタし、それらの相互の関係が所定のものとなるように管理する。その同期制御系80は、主制御装置50からの各種のコマンドやパラメータによって制御される。

【0175】さらに、本実施形態の走査型露光装置10では、図1及び図2では図示を省略したが、実際には、走査露光の際に質量 $R_m$ のレチクルステージRSTの等速移動の前後のプリスキャン時、オーバースキャン時に発生する加減速度 $A_r$ に応じて、質量 $R_m$ のレチクルステージRSTからレチクルベース定盤28に作用する反力 $-A_r \times R_m$ が脚部26を介して架台部16に伝わらないようにするために、リアクションアクチュエータ74が設けられている。

【0176】このリアクションアクチュエータ74は、図6に示されるように、架台部16を支えるベース板BSに対し弾性体70でラフに位置決めされたリアクションフレーム72によって支持されており、レチクルステージRST、レチクルベース定盤28等の重量によって決定される重心部とほぼ同じ高さに配置されている。

【0177】リアクションアクチュエータ74としては、実際には、左右一対のリアクションアクチュエータ74L、74Rが設けられているが、図6ではこれらが代表的にリアクションアクチュエータ74として示されている。このリアクションアクチュエータ74は、レチクルステージRSTの加減速時に、上記重心の横シフト及び回転をキャンセルするように反力と反対の力をレチクルベース定盤28に与えるように、不図示の制御装置により制御されるようになっており、これによりレチクル加減速時の振動が脚部26を介して架台部16に伝わらないようになっている。

【0178】このようなリアクションアクチュエータ

は、送りねじ方式のレチクルステージを用いる場合より、リニアモータあるいは2次元磁気浮上型リニアアクチュエータ等を用いる場合に、その必要性及び効果が高いものと言える。

【0179】次に、図1に示される制御ラックの構成について説明する。

【0180】制御ラック14は、エキシマレーザ光源11及び露光装置本体12各部のユニット(照明光学系18、レチクルステージRST、ウエハステージWST、搬送ロボット19等)の各々を個別に制御する分散型システムとして構築され、エキシマレーザ光源11を含む各ユニット制御用のプロセッサ・ボードの複数を収納するプロセッサ・ボード・ラック部104、各プロセッサ・ボードを統括的に制御する主制御装置(ミニコンピュータ)50(図2参照)を収納するラック部、そしてオペレータとのマン・マシン・インターフェイス用の操作パネル106、及びディスプレイ108等を収納するラック部等を積み重ねたシングル・ラック構成となっている。この制御ラック14によってエキシマレーザ光源11及び露光装置本体12の全体的な動作が管理される。

【0181】プロセッサ・ボード・ラック部104内の各プロセッサ・ボードにはマイクロプロセッサ等のユニット側コンピュータが設けられ、これらのユニット側コンピュータが主制御装置(ミニコンピュータ)50と連携することによって複数枚のウエハの一連の露光処理が実行される。

【0182】その一連の露光処理の全体的なシーケンスは主制御装置50内の不図示のメモリに記憶された所定のプロセスプログラムに従って統括制御される。

【0183】プロセスプログラムはオペレータが作成した露光処理ファイル名のもとに、露光すべきウエハに関する情報(処理枚数、ショットサイズ、ショット配列データ、アライメントマーク配置データ、アライメント条件等)、使用するレチクルに関する情報(パターンの種別データ、各マークの配置データ、回路パターン領域のサイズ等)、そして露光条件に関する情報(露光量、フォーカスオフセット量、走査速度のオフセット量、投影倍率オフセット量、各種の収差や像歪みの補正量、照明系の $\sigma$ 値や照明光NA等の設定、投影光学系のNA値設定等)をパラメータ群のパッケージとして記憶するものである。

【0184】主制御装置50は、実行指示されたプロセスプログラムを解読してウエハの露光処理に必要な各構成要素の動作を、対応するユニット側コンピュータにコマンドとして次々に指令していく。このとき、各ユニット側コンピュータは1つのコマンドを正常終了すると、その旨のステータスを主制御装置50に送出し、これを受けた主制御装置50はユニット側コンピュータに対して次のコマンドを送る。

【0185】このような一連の動作のなかで、例えば、

ウエハ交換のコマンドが主制御装置50から送出されると、ウエハステージWSTの制御ユニットであるウエハステージコントローラ78と、ウエハ搬送ロボット19の制御ユニットとが協同して、ウエハステージWSTとアーム21（ウエハW）とは図1のような位置関係に設定される。

【0186】さらに主制御装置50内のメモリには、複数のユーティリティソフトウェアが格納されている。そのソフトウェアの代表的なものは、①投影光学系や照明光学系の光学特性を自動的に計測し、投影像の質（ディストーション特性、アス・コマ特性、テレセン特性、照明開口数特性等）を評価するための計測プログラム、②評価された投影像の質に応じた各種の補正処理を実施するための補正プログラムの2種類である。

【0187】次に、可動型定盤38の役割及びその制御方法等について、図5（A）、（B）を参照しつつ説明する。図5（A）には、定盤22付近の概略平面図が示され、図5（B）には図5（A）の矢印A方向から見た概略正面図が示されている。図5（A）では、ウエハステージWSTが矢印Bの距離だけ移動した時の加減速による可動型定盤38への反力による可動型定盤38の移動距離が矢印Cにて示されている。

【0188】可動型定盤38の上面には、ウエハステージWSTの下面（底面）に設けられた不図示の永久磁石とともに平面磁気浮上型リニアアクチュエータ42を構成する複数のコイル（図示省略）がXY2次元方向に張り巡らされている。そして、ウエハステージWSTは、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ42によって可動型定盤38の上方に浮上支持されるとともに、前記コイルに流す電流を制御することにより任意の2次元方向に駆動される構成となっている。

【0189】同様に、定盤22の上面には、可動型定盤38の下面（底面）に設けられた不図示の永久磁石とともに平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44を構成する複数のコイル（図示省略）がXY2次元方向に張り巡らされている。そして、可動型定盤38は、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44によって定盤22の上方に浮上支持されるとともに、前記コイルに流す電流を制御することにより任意の2次元方向に駆動される構成となっている。

【0190】この場合、ウエハステージWSTと可動型定盤38、可動型定盤38と定盤22とは、それぞれ非接触のため、それぞれの間の摩擦が非常に小さくなっている結果、ウエハステージWST、可動型定盤38を含む系全体として運動量保存則が成立する。

【0191】従って、ウエハステージWSTの質量を $m$ 、可動型定盤38の質量を $M$ とし、ウエハステージWSTが可動型定盤38に対し速度 $v$ で移動すると、運動量保存則から可動型定盤38は、これと反対方向に $V = mv / (M+m)$ の速度で定盤12に対し移動すること

となる。しかるに、加速度は速度の時間微分であるから、ウエハステージWSTが加速度 $a$ で移動した場合（力 $F = ma$ が作用した場合）、可動型定盤38は力 $F$ の反力により逆方向に $A = ma / (M+m)$ の加速度を受けることとなる。

【0192】この場合、ウエハステージWSTは可動型定盤38上に載っているため、該ウエハステージWSTは、定盤22に対し $v \times (1 - m / (M+m))$ の速度、従って $a \times (1 - m / (M+m))$ の加速度で移動する。このため、ウエハステージWSTの質量 $m$ （重量 $mg$ ）と可動型定盤38の質量 $M$ （重量 $Mg$ ）とが近いと所望のウエハステージWSTの加速度、最高速度を得られなくなる。また、移動距離は速度に比例するため、可動型定盤38の移動量が大きくなり、フットプリントが悪化することとなる。

【0193】例えば、 $m : M = 1 : 4$ とすると、12インチウエハ全面露光のために300mmウエハステージWSTを移動したい場合、前記式 $V = mv / (M+m)$ より、300mmの1/5である60mm分の可動型定盤38のストロークを確保することが必要になる。

【0194】そこで、本実施形態では、ウエハステージ加速度、最高速度、フットプリントの悪化を1桁以下に抑えるため、ウエハステージWSTの質量 $m$ と可動型定盤38の質量 $M$ の比が $m : M = 1 : 9$ 以下になるように、すなわちウエハステージWSTの重量が可動型定盤38の重量の1/9以下になるように設定している。

【0195】また、可動型定盤38の必要ストロークを小さくするために、ウエハステージコントローラ78では、可動型定盤38駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44に対する制御応答を露光、アライメント時とその他の時とで可変するようにしている。

【0196】これを更に詳述する。露光の際は、ウエハステージWSTとレチクルステージRSTが同期して移動するが、可動型定盤38駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44の制御応答を数Hzにて制御すれば、数十Hzで制御されるウエハステージWST駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ42の可動型定盤38に対する反力には殆ど追従できず、運動量保存則から可動型定盤38が自由に運動してその反力を吸収してしまい、その反力の影響が外部に及ばない。

【0197】また、ウエハステージコントローラ78では、レチクルステージRSTの位置やウエハステージWSTの位置の変化にて露光装置本体12が全体的に傾いた場合に、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44の制御応答を数Hzにて制御することにより、その傾き方向に可動型定盤38が移動する低周波位置ずれを防止するようにになっている。

【0198】また、 $m : M = 1 : 9$ に設定しても、ウエハステージWSTが300mmフルに移動すれば、可動型定盤38も30mm程度反対方向に動くが、ショット

露光間の非スキャン方向ステップング長はせいぜい30mm程度なので、その時の可動型定盤38の移動は3mm程度である。そこで、本実施形態では、ウエハステージコントローラ78が、スキャン露光後の同期制御性能に影響を及ぼさないウエハステージ減速時（非スキャン方向ステップング加速時）に可動型定盤38駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44のステップングと同方向応答周波数を数十Hzに上げ、可動型定盤38の定盤22に対するXY方向の相対移動の位置を検出する位置計測装置としてのリニアエンコーダ45（図5（B）参照）を用いたフィードバック制御により、可動型定盤38がステップング前の元の位置に戻るよう制御するようになっている。これにより、可動型定盤38の移動量を小さくすることが可能となり（図5（A）中の仮想線38'参照）、更に、その間可動型定盤38と定盤22が固定状態と考えることができるので、ウエハ加速度、最高速度も10%向上させることができる。

【0199】このような制御方法は、それ以外のアライメント間でのウエハステージWSTの移動や、ウエハを交換する際のローディング位置への移動時にも同様に適用することができる。

【0200】また、架台部16を支持する防振装置20には、床振動等の高周波振動防止のためのエアパット及び、それに伴う低周波振動除去のためのリニアアクチュエータが搭載されているが、レチクルステージRST、ウエハステージWSTの位置により僅かに装置が傾くことがある。この場合、防振装置20を構成する前記リニアアクチュエータに所定の電圧をかけ続けて傾きを修正する必要があるが、常時アクチュエータに負荷をかけるので、アクチュエータ等の部品の寿命を縮めることになる。このような場合に、本実施形態では、ウエハステージコントローラ78が上記の如くして可動型定盤38を所定量移動させて、装置全体の重心を強制することで、装置傾きを修正し、リニアアクチュエータに負荷がかからないようにすることができ、アクチュエータ等の部品の寿命を延ばすことが可能になる。

【0201】上記のような種々の工夫により、本実施形態では、可動型定盤38の形状及びその移動範囲を、ウエハステージWSTの形状と移動範囲に応じて、図5

（A）中の実線及び仮想線でそれぞれ示すような頂点の無い三角形形状としている。この場合、ウエハステージWSTのスキャン方向（走査方向）は図5（A）中の紙面上下方向である。本実施形態では、定盤22をほぼ正方形に形成し、これを支持する4つの防振装置20を剛性を上げるために4角形の配置としているが、スペースを有効に生かすために、定盤22の形状を図5（A）中の仮想線38'で示されるのと同様の形状にし、防振装置20を図5（A）中の点線20'で示されるような3点配置としても良い。これにより、明らかに、フットプリントを改善することが可能である。但し、この場合に

は、防振装置の剛性を上げることが必要である。

【0202】次に、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを走査方向（Y方向）に相対移動させるステージ制御系（ウエハステージコントローラ78、レチクルステージコントローラ33、同期制御系80）によって行われる1つのショット領域の露光の際のウエハステージの基本的な走査手順について図7を参照しつつ、簡単に説明する。

【0203】図7（A）には、投影光学系PLの有効フィールドPL'に内接するウエハ上のスリット状の照明領域（レチクルR上の照明領域と共役な領域；以下、「照明スリット」という）STと1つの区画領域としてのショット領域S1との関係が平面図にて示され、図7（B）には、ステージ移動時間とステージ速度との関係が示されている。なお、実際には、ショット領域S1が照明スリットSTに対して矢印Yの反対方向に移動することで露光が行なわれるが、ここでは、図7（B）のステージ移動時間とステージ速度の関係表と対応付けるため、ウエハ上照明スリットSTがショット領域S1に対し移動するように示されている。

【0204】まず、基本的（一般的）な走査手順としては、ショット領域S1のショット端から所定量離れた位置に照明スリットSTの中心Pが位置付けられ、ウエハステージWSTの加速が開始される。ウエハステージWSTが所定の速度に近づいた時点で、レチクルRとウエハWの同期制御が開始される。このウエハステージの加速開始時点から同期制御の開始時点までの時間 $t_1$ を、加速時間と呼ぶ。同期制御開始後、ウエハとレチクルの変位誤差が所定の関係になるまでレチクルステージRSTによる追従制御が行われ、露光が開始される。この同期制御開始後、露光開始までの時間 $t_2$ を、整定時間と呼ぶ。

【0205】上記の加速開始から露光開始までの時間（ $t_1 + t_2$ ）がプリスキャン時間と呼ばれる。加速時間 $t_1$ での平均加速度を $a$ 、整定時間を $t_2$ とすると、プリスキャン時における移動距離は $(1/2) \cdot a \cdot t_1^2 + a \cdot t_1 \cdot t_2$ で表わされる。

【0206】また、等速移動により露光が行われる露光時間 $t_3$ は、ショット長を $L$ 、照明スリットSTの走査方向の幅を $w$ とした場合、 $t_3 = (L + w) / (a \cdot t_1)$ となり、移動距離は $L + w$ となる。

【0207】この $t_3$ の終了時点でショット領域S1に対するレチクルパターンの転写は終了するが、スループット向上のため、ステップ・アンド・スキャン方式では、通常レチクルRを交互スキャン（往復スキャン）させることで、順次次のショットに対する露光を行なうので、前記プリスキャンでの移動距離と同じ距離だけ、露光終了時点から更にレチクルRを移動して、レチクルRを次ショット露光のための走査開始位置まで戻す（従って、これに対応してウエハWも走査方向に移動させる）

ことが必要である。このための時間が、等速度オーバースキャン時間  $t_4$ 、減速オーバースキャン時間  $t_5$  であり、総じて  $(t_4 + t_5)$  がオーバースキャン時間である。このオーバースキャン時間における移動距離は、減速オーバースキャン時間  $t_5$  における減速度を  $b$  とすると、 $-(1/2) \cdot b \cdot t_5^2 - b \cdot t_5 \cdot t_4$  となり、この距離が  $(1/2) \cdot a \cdot t_1^2 + a \cdot t_1 \cdot t_2$  となるように  $t_4$ 、 $t_5$ 、減速度  $b$  が設定される。

【0208】一般の制御系では  $a = -b$  なので、 $t_1 = t_5$ 、 $t_2 = t_4$  に設定するのが最も容易な制御法となる。このように、スキャン露光では等速同期スキャンを行なうために、プリスキャン距離及び、オーバースキャン距離が必要となり、ウエハ周辺ショットを露光する場合であっても、プリスキャン及びオーバースキャンの間で干渉計光束が反射面（移動鏡）から外れることがあってはならない。そのため、反射面をその分長くしておく必要がある。

【0209】次に、図7(C)を用いて本実施形態における基板テーブルTBの各反射面の長さの設定について説明する。図7(C)には、ウエハステージWST（基板テーブルTB）が矢印Y方向にスキャンすることでウエハ周辺のショット領域Sを露光する場合のウエハ周辺ショットSと移動鏡長延長分（ $L_0$ 、 $L_1 + L_2$ 、 $L_3$ ）との関係が示されている。この図7(C)において、干渉計ビームRIX1、RIX2の延長線がウエハW外周と交差する時の反射面60a、60cの長さが最低必要な反射面の長さとなる。これに、ショットSがウエハW外周に欠けた状態で露光できるとした時の欠け分仮想ショット長を  $L_3$ 、前述したプリスキャン及びオーバースキャンに要する距離を  $L_1 + L_2$ 、干渉計ビームをXY面内で2本の測長ビームとした場合の該2本の測長ビームの中心位置（点線部）と各測長ビームの中心までの距離と各ビーム半径と所定のマージンとの総和を  $L_0$  とすると、反射面の延長分は  $L_0 + L_1 + L_2 + L_3$  となり、その値が基板テーブルTBの三角形の頂点よりも小さくなるように、反射面の長さが設定されている。これにより、スキャン露光時に反射面から測長ビームが外れるという不都合を防止している。但し、ウエハ外周でのショットはショット長  $L$  分完全に露光する必要は無いので、ウエハ上に露光される部分のみを露光するように制御することで、移動鏡の延長分を  $L_0 + L_1 + L_2$  としても良い。

【0210】1つのショット領域の露光の際のウエハステージの基本的な走査手順は、先に説明した通りであるが、隣接した複数のショット領域に順次レチクルパターンを転写する場合のウエハステージWST（基板テーブルTB）の移動制御方法は、本発明の最大の特徴事項であるから、次に、これについて詳述する。ここでは、一例として図8(A)に示される隣接したショットS1、S2、S3を順次露光する場合について説明する。

【0211】図8(A)は、ショットS1、S2、S3を順次露光する場合のウエハ上照明スリットSTの中心Pが各ショット上を通過する軌跡を示したものである。この図8(A)から明らかなように、ウエハステージコントローラ78及び同期制御系80では、スキャン方向（Y方向）へのウエハステージWSTのプリスキャン及びオーバースキャンと、非スキャン方向（X方向）へのウエハステージWSTのステッピングを同じタイミングで行っている。これによって、ウエハステージWSTのショット間の移動距離を短縮し、従ってこれに要する移動時間を短縮し、スループットの向上を図るためである。

【0212】ところで、前述の如く、プリスキャン時間にはレチクルRをウエハWに完全に追従させるための整定時間  $t_2$  が含まれるため、非スキャン方向に関する加減速制御はできるだけ整定時間  $t_2$  の開始時点より早く終了していることが望ましい。これを実現するため、本実施形態では、ウエハステージコントローラ78及び同期制御系80では、露光終了に続くウエハステージWSTのスキャン方向での等速オーバースキャン時間  $t_4$  の間に、ウエハステージWSTの非スキャン方向でのステッピングを開始することとしており、その等速オーバースキャン時間  $t_4$  分だけ早く非スキャン方向に発生する加減速制御を終了するような制御を行う。図8(B)には、この場合のウエハステージWSTのスキャン方向の速度  $V_y$  と時間の関係が示され、図8(C)にはそれに対応した非スキャン方向の速度  $V_x$  と時間の関係が示されている。このウエハステージの移動制御方法によると、整定時間  $t_2$  の間はスキャン方向の同期制御のみに専念できるので、整定時間  $t_2$ （従って  $t_4$  も）の短縮が可能となる。

【0213】ここで、ステッピング方向をX軸、スキャン方向をY軸とし、ショットS1の露光時スキャン速度を  $-V_y$ 、ステッピング時最高速度を  $V_x$  とした場合について、時間配分を各軸について具体的に考えるものとする。

【0214】まずスキャン方向について考えると、ショットS1の露光が終了して等速オーバースキャン時間  $t_4$  後に、ウエハステージWSTは減速（図8(A)中の-Y方向に速度を有する時の+Y方向の加速）を開始する。このときの減速度を  $a_y$  とすると、図8(A)中の点O(0, 0)を基準点としてウエハステージWSTは、時間  $t_4$  の間に  $-V_y \cdot t_4$  だけスキャン方向に進み、その後は、時間  $t_4$  経過の時点を経験の基準点として、 $-V_y \cdot t + (1/2) \cdot a_y \cdot t^2$  というように変化し、 $-V_y \cdot t + (1/2) \cdot a_y \cdot t^2 = -V_y \cdot t \cdot (1/2)$  を満足する時点、すなわち  $t = t_y5 = V_y / a_y$ （図8(B)参照）となった時点で別の区画領域としてのショットS2に対するプリスキャンが開始される分岐点B（図8(A)参照）となる。その後加

速期間は、加速開始点を時間の基準として  $1/2 \cdot a_y \cdot t^2$  の軌跡を取り、 $t_y 1 = VY / a_y$  となるまで加速し続け、その後、レチクルRとウエハWの同期制御期間としての  $t_2$  を経て、露光が開始される。露光時間  $t_3$  は  $t_3 = (\text{ショット長 } L_y + \text{照明スリット幅 } w) / VY$  で表わされる。この時ウエハステージWSTの軌跡は、放物線状となる。実際の放物線は、 $y = x^2$  又は  $y = \sqrt{x}$  にて表されるが、ここでは  $t$  を消去すると、 $x^2$  と  $\sqrt{x}$  が含まれる関数となるので、便宜上放物線状とは、これらの関数も含めたものを示している。

【0215】次にステッピング方向を考えると、ショットS1の露光が終了後すぐに、ウエハステージWSTは加速を開始する。加速度を  $a_x$  とすると、ウエハステージWSTのX座標は図8(A)中の点O(0, 0)を基準点として  $(1/2) \cdot a_x \cdot t^2$  となり、 $t = t_x 5 = VX / a_x$  (図8(C)参照)にて最高速度に達する。ここで、ステッピング長  $L_x \leq a_x \cdot t_x 5^2$  の場合は、 $t_x 5 = \sqrt{L_x / a_x}$  の時点から減速(+X方向に速度を有する時の-X方向の加速)を開始する。その後減速期間は減速開始点を時間の基準点として、 $a_x \cdot t_x 5 \cdot t - (1/2) \cdot a_x \cdot t^2$  のように変化し、 $a_x \cdot t_x 5 \cdot t - (1/2) \cdot a_x \cdot t^2 = (1/2) \cdot a_x \cdot t_x 5 \cdot t$  となる時点、すなわち減速開始点から時間  $t_x 5$  を経過する時点まで減速して停止する。

【0216】すなわち、スキャン方向は、図8(B)に示されるように、前ショットの露光終了時点から  $t_4 + t_y 5 + t_y 1 + t_2$  で次ショットの露光を開始するが、ステッピング方向には図7(C)に示されるように、前ショットの露光終了時点から  $t_x 5 + t_4 + t_x 1$  の時点では加減速が終了しており、これより、 $t_y 1 = t_x 1$ 、 $t_y 5 = t_x 5$  とした場合、前述の如く  $t_2 = t_4$  であることを考慮すると、スキャン方向の整定時間  $t_2$  における同期制御開始より  $t_4$  だけ早くステッピング動作が終了することが分かる。

【0217】このことを、別の表現にすれば、スキャン方向の速度がゼロとなる点、すなわち減速が終了して次ショットの露光のための加速が開始される点である図8(A)のB点( $B_x, B_y$ )のX座標  $B_x$  がショットS1とS2の境界よりS2寄りとなるように、ウエハステージWSTのスキャン方向のオーバースキャン及びプリスキャン動作に並行して、非スキャン方向のステッピング動作が行われるように、ウエハステージコントローラ78及び同期制御系80が、ウエハステージWSTのX、Yそれぞれの方向の移動を制御するようになっているということである。

【0218】また、今までの説明ではステッピング時の加速度を  $\pm a_x$  としていたが、加速時の  $a_x$  に対し減速時の加速度を  $-b_x$  とし、 $|-b_x| < a_x$  となる条件に設定すれば、加速時と減速時とで加速度の大きさを同

一にした場合と比べると、ステッピング時間は長くなるものの、減速時の加速度の大きさそのものが小さくなるので、その減速に伴うウエハステージWSTを含む装置振動自体を小さく抑えられるという効果がある。従って、非スキャン方向ステッピングが終了した時点における整定時間が短くなる。

【0219】また、上記の説明では、ステッピング長  $L_x \leq a_x \cdot t_x 5^2$  の場合を説明したが、 $L_x > a_x \cdot t_x 5^2$  の場合、 $t_x 6 = (L_x - a_x \cdot t_x 5^2) / VX$  を満足する時間  $t_x 6$  だけ最高速度  $VX$  にて走査後に減速動作に入るようにウエハステージWSTのX方向位置を制御すればよいこととなる。但し、いずれにしても  $t_4 + t_y 5 + t_y 1 \geq t_x 5 + t_x 6 + t_x 1$  となるように加速度  $a_x$ 、最高速度  $VX$  を設定することが重要である。このようにすれば、ステッピング時間は全てプリスキャン及びオーバースキャンと並行動作されることとなり、スループットが向上する。

【0220】すなわち、上記の図8(A)～(C)を用いて説明したウエハステージWST(基板テーブルTB)の移動制御方法を採用した走査露光方法によると、レチクルRとウエハWとを走査方向であるY方向(第1方向)に同期移動して、ショットS1が走査露光された後、X方向(非走査方向)に関する、ショットS1に隣接するショットS2の位置にウエハWが到達する前に

(ショット間の非走査方向のステッピングが終了する前の減速中に)ウエハWの走査方向の加速が開始され、レチクルRのパターンを用いてショットS2が走査露光される。換言すれば、ショットS1の露光の終了後にショットS2への移動が開始されるがこの途中で走査方向についてのウエハの加速が開始されるので、ショットS2への非走査方向の移動時間に該ショットS2の露光のための走査方向加速時間を少なくとも一部オーバーラップさせることができ、ショットS2の位置にウエハWが到達してからショットS2の露光のための走査方向の加速が開始される従来例に比べてスループットを向上させることができることは明らかである。

【0221】なお、図8の場合には、ウエハWの非走査方向への加速は、ショットS1の走査露光終了後の走査方向の等速移動時に開始されているが、これは走査方向の整定時間  $t_2$  における同期制御開始より  $t_4$  だけ早くステッピング動作が終了することを意図してこのようにしたものであり、これに限らず、ウエハWの非走査方向への加速をウエハWの減速中に開始するようによい。

【0222】この場合において、ウエハWは、ショットS2の走査露光前に、走査方向と交差する方向に沿って加速されて、走査方向の移動速度がウエハWの感度特性に応じた速度に設定されているので、露光中はその速度を維持しレチクルを同期制御すれば良いので、制御が容易である。

【0223】また、図8の(B)、(C)から明らかなように、ウエハWは、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間で、走査方向の移動速度と非走査方向の移動速度との少なくとも一方が零とならないように移動されるので、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間で、停止することなく移動が行われ、その分スループットが向上する。

【0224】また、図8(A)から明らかなように、ウエハWは、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間で、走査方向の移動速度が零となるB点のX方向の位置がショットS1よりもショットS2に近くなるように移動されていることから、上記の如く、ショットS1とショットS2との間のウエハWの非走査方向の加速度と減速度とが等しい場合であっても、必ずショットS2露光の開始前のある一定時間(上記の例では $t_2$ )前には非走査方向の速度がゼロとなっている。従って、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間のウエハWの非走査方向の加速後の減速度を大きくする必要がなく、露光開始時点でこの影響が残ることがなく同期整定時間が不要に長くなることがない。

【0225】但し、ウエハWは、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間で、必ずしも図8(A)に示されるような移動軌跡で移動させる必要はなく、例えば、ショットS1の走査露光終了後にウエハWの走査方向の速度成分が零となるウエハの非走査方向の位置(B点のX方向の位置)を、ショットS2のX方向位置よりもショットS1側とし、かつショットS2を走査露光するために、走査方向及び非走査方向に対して斜めにウエハWを移動しても良い。あるいは、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間で、ショットS1の走査露光終了後の走査方向の速度成分が零となるウエハWの非走査方向位置(B点のX方向の位置)が、ショットS1の非走査方向の位置とショットS2の非走査方向の位置との間になるようにウエハWを移動しても良い。これらの場合には、ショットS1の走査露光が終了すると、ウエハWは走査方向速度を減速しつつ非走査方向への移動が行われ、ウエハWは曲線状(又は直線状)の経路に沿って走査方向及び非走査方向に対し斜めに移動される。従って、ショットS1の走査露光終了後のウエハWの移動軌跡は従来のコ字経路に比べて短くなり、最短距離に近い経路でウエハWが移動され、その分スループットの向上が可能となる。なお、この場合、ウエハWの移動軌跡はV字状であっても良いが、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間でウエハWを停止することなく移動して、その軌跡を放物線状(又はU字状)とすることが望ましい。

【0226】また、図8(A)、(図8(C))から明らかなように、ショットS1の走査露光後に、走査方向及び非走査方向と交差する方向にウエハWを加速後、所定時間( $t_2 + \alpha$ )走査方向に定速移動した後に露光を

開始するので、露光開始後にウエハWの非走査方向の速度成分が走査露光に影響を与えることがない。

【0227】また、この場合、ウエハWの走査方向及び非走査方向と交差する方向への移動中に、従ってウエハWの非走査方向の速度成分が零となる前に、レチクルRの加速が開始されるので、ウエハが定速移動に移ってからレチクルRの加速が開始される場合に比べて、レチクルRとウエハWとが等速同期状態になるまでの時間が短縮され、その分スループットの向上が可能である。なお、前記の加速度、減速度(負の加速度)は、動作中の平均加減速のことを指し、加減速を円滑に行うための加減速マップ制御においても本実施形態と同等の効果があることは言うまでもない。

【0228】次に、図9を用いて、図2の干渉計システムを構成する第1～第3の干渉計76X1、76Y、76X2の測長ビームの装置中での配置及びウエハステージコントローラ78による基板テーブルTBのX、Y位置及び回転の演算方法等について詳述する。図9は、ウエハWを交換するためのローディングポジションにウエハステージWSTが位置する可動型定盤38近傍の平面図である。

【0229】この図9に示されるように、XY座標系(ステージ座標系)上でのウエハステージWSTの位置をモニタするための干渉計76X1、76Y、76X2は、平面視でそれぞれ測長ビームを2本有し、これら各2本の測長ビームは、ヨーイング計測用にそれぞれ2本の独立した光束として基板テーブルTBの3つの反射面60a、60b、60cを照射している(なお、傾斜方向計測用の干渉計測長ビームは図示が省略されている)。

【0230】第1、第3の干渉計76X1、76X2からそれぞれ射出される一方の測長ビーム(第1測長軸R1X11、第3測長軸R1X21の測長ビーム)の延長線及び、第2の干渉計76Yから射出している2本の測長ビームの中心線の延長線が交差する位置に投影光学系PLの光軸が位置しており、また、干渉計76X1、76X2からそれぞれ射出している残りの測長ビーム(第2測長軸R1X12、第4測長軸R1X22の測長ビーム)の延長線が交差する位置であって、第2の干渉計76Yから射出している2本の測長ビームの中心線の延長線が交差する位置に、アライメント光学系ALGの検出中心が位置している。

【0231】この場合、ウエハステージコントローラ78では、常に、干渉計76Yから射出される2本の測長ビームによるY軸方向位置の計測値 $y_1$ 、 $y_2$ の平均値( $y_1 + y_2$ )/2を基板テーブルTBのY位置として算出する。すなわち、干渉計76Yの実質的な測長軸は、投影光学系PLの光軸及びアライメント光学系ALGの検出中心を通るY軸である。この干渉計76Yから射出される2本の測長ビームは、いかなる場合にも基板

テーブルTBの第2反射面60bから外れることがないようになっている。また、基板テーブルTBの回転（ヨーイング）は、干渉計76X1、76X2、76Yのいずれの各2つの計測値を用いても求めることはできるが、後述するように、アライメントの際に干渉計76X1、76X2の測長ビームの1本が基板テーブル反射面から外れる可能性があるため、ウエハステージコントローラ78では、基板テーブルTBの回転も干渉計76Yから射出される2本の測長ビームによるY軸方向位置の計測値のy1、y2の差に基づいて演算するようになっている。なお、干渉計76X1、76X2、76Yのそれぞれの計測値に基づいて各々回転を求められる場合には、ウエハステージコントローラ78では、それぞれ求めた回転量の任意のいずれか、あるいは任意の2つ又は

$$X = \{ (X1 / \sin \theta 1) - (X2 / \sin \theta 2) \} \times (1/2) \cdots (1)$$

【0234】この場合、干渉計ビームRIX1とRIX2とは、Y軸に関して対称な方向となっているので、 $\sin \theta 1 = \sin \theta 2 = \sin \theta$ であるから、 $X = (X1 - X2) / (2 \sin \theta) \cdots (1')$ によりウエハステージWSTのX座標位置を求めることができる。

【0235】但し、いわゆるアップ誤差が生じないようにすることが重要であるから、ウエハステージコントローラ78では、露光時には干渉計76X1、76X2から投影光学系PLの光軸に向けてそれぞれ射出される第1、第3測長軸の測長ビームの計測値を用いて、上式(1)'によりウエハステージWSTのX位置を演算し、アライメント時には干渉計76X1、76X2からアライメント光学系ALGの検出中心に向けてそれぞれ射出される第2、第4測長軸の測長ビームの計測値を用いて、上式(1)'によりウエハステージWSTのX位置を演算するようになっている。

【0236】但し、ウエハステージWSTの走査方向に対して、第1、第3反射面60a、60cの傾きが予め定められた角度( $\theta 1 + 90^\circ$ )、( $\theta 2 - 90^\circ$ )にそれぞれなるように設定する必要がある。予め第1、第3反射面60a、60cの傾きがそのようになるように調整し、その後、ウエハステージWST上の基準マーク板FMを用いたレチクルアライメント時に $\theta 1$ 及び $\theta 2$ の残留傾き差を計測し、その差分に基づいて、上記式(1)又は(1)'で求めたXを補正することで安定したステージ位置の計測を行なうことができる。

【0237】また、本実施形態の場合、従来の2方向干渉計と異なり、相互に120°回転した位置に各干渉計光束があるので、一方向から干渉計光路用空調を行なうと、少なくとも1ヶ所はウエハステージWSTの影に隠れて空調が困難となる。そのため、3ヶ所の内、少なくとも2ヶ所に対して独立に空調を行なう吹き出し口を設けており、3ヶ所の干渉計光束に対し淀みなく温調された気体を送風できるような構成となっている。この送

3つの加算平均により回転を求めるようにしても良い。

【0232】また、本実施形態では、第1の干渉計76X1は、Y軸方向に対して所定角度 $\theta 1$  ( $\theta 1$ はここでは $-60^\circ$ )傾斜した方向の干渉計ビームRIX1を第1反射面60aに垂直に照射し、第3の干渉計76X2は、Y軸方向に対して所定角度 $\theta 2$  ( $\theta 2$ はここでは $+60^\circ$ )傾斜した方向の干渉計ビームRIX2を第3反射面60cに垂直に照射する。

【0233】従って、干渉計ビームRIX1の反射光に基づいて計測される計測値をX1、干渉計ビームRIX2に基づいて計測される計測値をX2とすると、次式

(1)により、ウエハステージWSTのX座標位置を求めることができる。

風方法としては干渉計側からステージに向けて送風する光束平行空調方法と、光束の上から下に向けて送風する光束直交空調方法があるが、熱源の位置に応じて熱源が風下にくるように、各軸独立に空調方法を選択すれば良い。

【0238】次に、本実施形態の走査型露光装置10におけるウエハ交換から露光終了までの動作を、ウエハステージWSTに関する動作を中心として図9～図12を参照しつつ説明する。

【0239】図9に示されるウエハローディング位置では、干渉計システム76の全ての干渉計からの全ての測長ビームが基板テーブルTBのそれぞれの反射面に照射されている。これは、ウエハ交換と同時に基準マーク板FM上の異なるマークを投影光学系PL内を透過する露光光を用いる不図示のレチクルアライメントセンサと、前記アライメント光学系（オフアクシス・アライメントセンサ）ALGとにより同時に観察できるように、基準マーク板FMを基板テーブルTBの三角形頂点部の一端に配置したため、このときに測長ビームが基板テーブルTBのそれぞれの反射面から外れないようにしたものである。これにより、ウエハ交換と同時に、アンロードされる露光済みウエハの露光の際に、反射面（移動鏡）からその測長ビームが外れたアライメント光学系ALG用の干渉計のリセット動作、レチクルアライメント及びベースライン計測を行なうことが可能になっている。このレチクルアライメント、ベースライン計測には特開平7-176468号公報に開示されるクイックアライメントモードが使用される。図9には、ウエハW上の1回のスキャンで露光可能なショットを実線で書き入れており、四角形の破線は、ブリスキャン、オーバースキャンでウエハステージWSTが移動しなければならない位置を示している。

【0240】上記のウエハ交換及びベースライン計測が終了した時点でアライメント、例えば特開昭61-44429号公報に開示されるエンハンスド・グローバル・



アライメント (EGA) によるサンプルアライメントが実行される。すなわち、ウエハステージ WST は、図 10 のウエハ W 上に記入された矢印 (→) に従った順序で、ウエハ上の少なくとも 3 つのショット (図 10 では 8 個のショット) にそれぞれ形成されたアライメントマークがアライメント光学系 ALG で検出されるように移動されるとともに、各マーク検出位置におけるウエハステージ WST の位置、すなわちアライメント光学系 ALG の検出中心点 (又は光軸) を測長軸が通る干渉計の計測値を用いて、代表的な複数のマークの位置を計測する。この場合のアライメントマークの計測順序は次のようにして決められる。

【0241】すなわち、ウエハの露光終了がローディング位置に近い左上ショットとなるので、最もスループットが早い完全交互スキャンを行なった時に、総露光ショット行が偶数行の場合は左下ショット、奇数行の場合は右下ショットが露光開始点となる。従って、基準マーク板 FM での計測後、その位置に近いショットからアライメントが開始され露光開始ショット位置に近い位置でアライメントが終了するような効率の良い (処理時間が早い) アライメントマークの計測順序をウエハステージコントローラ 78 では決定するのである。

【0242】上記の計測順序に従った EGA 計測が終了すると、ウエハステージコントローラ 78 によりウエハステージ WST の位置計測に用いる干渉計の測長軸が露光用干渉計光軸 (第 1、第 3 測長軸) に切り換えられた後、ウエハ W 上の複数ショット領域に対するステップ・アンド・スキャン方式の露光が開始される。この場合、図 11 にも示されるように、総露光行が偶数行なので、左下より露光が開始され、順次交互にスキャン露光が行なわれる。最初の 1 行が左→右の順で露光されると、次の行は右→左へと交互にステップングが行なわれ、最終的に図 12 のように左上の露光が終了した時点で、図 9 のウエハ交換位置までウエハステージ WST が移動するという動作を繰り返すというシーケンスとなる。上記の交互スキャンの際に、前述した効率の良いステップング制御が行われることは、図 11 及び図 12 から分かる通りである。

【0243】なお、上記のウエハ W 上のショット領域にレチクル R とウエハ W とを同期移動して、ウエハ W 上の複数のショット領域 S1、S2、S3、……にレチクル R のパターンを順次転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査露光方法において、レチクル R の往復移動によってレチクル R のパターンが転写されるウエハ W 上の任意の 2 つのショット領域、例えばショット S1、S2 の走査露光間でウエハ W を停止することなく移動することが望ましい。この場合には、ウエハ W 上の順次レチクル R のパターンが転写される隣接領域例えばショット S1、S2 の走査露光間でウエハ W が停止することがないので、その部分に関してはより一層スループットが向

上するからである。

【0244】この意味からすれば、ウエハ W は、レチクル R のパターンを転写すべきウエハ W 上の最後のショット領域の走査露光が終了するまで、ウエハ W の走査方向及び非走査方向の少なくとも一方の速度成分が零とならないように移動されることがより望ましい。かかる場合には、結果的に複数ショット領域の全てにステップ・アンド・スキャン方式の走査露光が行われる間ウエハが停止することがないので、最もスループットが向上するからである。

【0245】以上説明したように、本実施形態の走査型露光装置 10 では、レチクル R とウエハ W の露光前のウエハ助走 (加速時間) によるプリスキャン及び、ウエハの露光後の等速移動時間と減速時間によるオーバースキャンと同期して次のショットを露光するためのウエハの非走査方向 (非スキャン方向) へのステップングを行い、非スキャン方向へのステップング動作が、ウエハプリスキャンから露光動作に移るまでの整定時間前には終了することとしたので、スキャン前後のプリスキャン、オーバースキャン時間を隣のショットにステップングするステップング時間に完全にオーバーラップさせることができ、プリスキャン、オーバースキャン動作と隣のショットにステップングするステップング動作とが別々に行われていた従来例に比べて、スループットを向上させることができる。また、整定時間ではスキャン方向のウエハとレチクルとの同期制御のみを行えば良いので結果的に整定時間を短縮することができ、その分スループットを向上させることが可能となる。

【0246】また、本実施形態では、ウエハの露光後の等速移動時間と減速時間によるオーバースキャンに対応する部分の非スキャン方向加速度が、ウエハ助走 (加速時間) によるプリスキャンに対応する部分の非スキャン方向負の加速度より絶対値が大きくなるような制御も可能なので、高加速によるボディの揺れ等を同期制御のための整定時間前には完全に減衰させられるため、その分制御性が良くなり、スループットを向上させることが可能となる。

【0247】また、本実施形態に係る走査型露光装置 10 によると、露光時に、ウエハ W の非走査方向の位置を、走査方向である Y 軸に対してそれぞれ  $\theta 1$ 、 $\theta 2$  の角度を成す 2 つの異なる方向に光軸を有する第 1、第 3 の干渉計 76X1、76X2 の計測値に基づいて演算で求め、ウエハ W の走査方向の位置は Y 軸方向の測長軸を有する第 2 の干渉計 76Y にて測長を行なうようにしたので、基板テーブル TB (従ってウエハステージ WST) の形状を三角形 (上記実施形態では正三角形) にすることが可能となる。これにより、図 13 に示されるように、高加速減速、最高速度上昇時にも従来の四角形状のステージ st3 に比べて、ウエハステージ WST の軽量化を図れるとともに、フットプリントを改善し、

スループットを向上させることができる。図13は、干渉計多軸化及びプリスキャン、オーバースキャンによって図中に矢印(→)にて表示される干渉計光軸がケラれないようにするための移動鏡距離悪化分 $D_x$ 、 $D_y$ により、四角形状ステージ $s_t3$ が、ウエハを保持するために必要最低限の大きさの四角形状ステージ $s_t1$ に比べて著しく大きくなっているのに対し、本実施形態のステージWSTでは同じ $D_x$ 、 $D_y$ の距離悪化分があってもステージ形状は、四角形状ステージ $s_t3$ に比べてはるかに小さいもので済むことを示している。

【0248】また、走査方向の位置を計測する第2の干渉計76Yの計測値に基づきウエハステージWSTのヨーイングを算出するようにしたので、そのヨーイング量を露光時のウエハステージ回転誤差としてレチクルRを保持するレチクルステージ側で補正することが可能であるから、ウエハステージWSTに回転制御機構が不要となり、その分ウエハステージを軽量化することができる。

【0249】また、第1、第3の干渉計76X1、76X2のそれぞれの1光軸(第1測長軸、第3測長軸)の延長した交点は投影光学系PLの光軸と一致し、それぞれ他方の光軸(第2測長軸、第4測長軸)の延長した交点はアライメント光学系ALGの検出中心と一致させているので、露光時及びアライメント時にもアッペ誤差のないステージ位置の計測が可能となり、重ね合わせ精度が向上する。

【0250】また、第1、第2及び第3の干渉計はウエハWを保持するウエハステージWSTのそれぞれ異なる側面に形成された第1、第2及び第3反射面との距離を測長し、ウエハステージ周辺の露光時に、レチクルRとウエハWの相対走査時にウエハの助走、等速移動までの整定時間によるプリスキャン距離及び、ウエハWの露光後の等速移動時間及び減速時間によるオーバースキャン距離により各干渉計光軸がウエハステージWSTのそれぞれ異なる第1、第2及び第3反射面から外れないように、ウエハステージWSTの加速度及び、最高速度、整定時間を決定することとしたので、余分に反射面を延ばす必要がない。このため、ウエハステージ(基板テーブルTB)の3つの側面の範囲内に反射面を設定できるので、ウエハステージWSTのバランスが良くなり、ステージ剛性を高めることが可能となり、その結果、ウエハステージのフォーカス、チルト制御応答を向上させることができる。

【0251】また、前記第1、第2及び第3の各干渉計光軸が前記ウエハステージのそれぞれ異なる第1、第2及び第3反射面から外れないウエハステージ上の位置に、ベースライン計測、結像特性計測、照射量計測を行なう基準マーク板FM及び空間像検出器KESを配置することとしたので、基準マーク板FM及び空間像検出器KESによる計測のために移動鏡(あるいは反射面)を

延ばす必要がなくなることもウエハステージWSTの軽量化につながる。

【0252】また、ウエハステージWSTを駆動するための駆動系が設置された可動型定盤38はウエハステージWSTの移動時加減速に伴う反力に応じて移動するように構成したので、ウエハステージWSTの重心移動による偏荷重を可動型定盤38の重心移動によりキャンセルすることが可能となり、これにより防振装置20の負荷を軽減することができるとともに、偏荷重によるボディの歪を最小限に抑えることが可能となり、レチクルRとウエハWの位置決め精度を向上させることができる。

【0253】また、前記可動型定盤38は数Hzの応答周波数で駆動制御可能であり、ウエハステージWSTの移動の際の加減速時にはその反力を打ち消すように駆動制御し(自由に運動させ)、また、ステージ姿勢(偏荷重)により可動型定盤38が任意の方向に移動しないように前記応答周波数で制御することもできるので、レチクルの位置可変や、環境変化による偏荷重の防止が可能となる。

【0254】更に、ウエハステージWSTの重量が可動型定盤38の重量の $1/9$ 以下になるように設定されているので、可動型定盤38がウエハステージWSTの移動時加減速に伴う反力に応じて移動する距離が、ウエハステージWSTの移動距離の $1/10$ 以下になり、可動型定盤38の必要移動範囲を小さく設定することができる。

【0255】また、位置制御精度を必要とする露光及びアライメント前の可動型定盤38の応答周波数と、それ以外の応答周波数を可変とし、可動型定盤38は2方向の位置がリニアエンコーダ45によってモニタされており、位置制御精度を必要とする露光及びアライメント以外の駆動動作時に可動型定盤38の位置を所定の位置に補正することとしたので、ウエハ加減速時の反作用にて可動型定盤38が逆方向に移動する距離を1桁以上少なくすることができる。すなわち、露光及びアライメント時に高精度で制御することが可能な上に、その他の条件にて可動型定盤38の位置を任意の位置に設定し直すことが可能となり、フットプリントを小さくすることができる。

【0256】なお、上記実施形態では、本発明に係る走査露光方法を図8(A)～(C)を用いて詳細に説明したが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。先の説明中と同一の符号をもって、他の例を説明すれば、ショットS1の走査露光終了後に、ウエハWの走査方向の移動速度が零となるまで、ウエハWを減速させつつ走査方向と交差する方向に移動し、かつショットS2の走査露光前に、ウエハWを加速させつつ走査方向と交差する方向に移動しても良い。このようにすれば、ショットS1の走査露光終了後に、ウエハWはV字状の経路に沿って移動されるので、最短距離に近い経路でウエハ

Wが移動され、その分スループットの向上が可能となる。あるいは、ショットS1の走査露光終了後のウエハWの減速中、及びショットS2の走査露光前のウエハWの加速中に、ウエハWを走査方向及び非走査方向と交差する方向に移動しても良い。かかる場合にも、結果的にウエハWはV字状の経路に沿って移動されるので、最短距離に近い経路でウエハが移動され、その分スループットの向上が可能となる。

【0257】これらの場合も、ウエハWは、ショットS1の走査露光とショットS2の走査露光との間で停止することなく移動されることが望ましいことは言うまでもない。

【0258】なお、上記実施形態では、ウエハステージWSTとして正三角形形状のステージを採用し、これに合わせて3つの異なる方向からそれぞれウエハステージWSTの位置を計測する第1～第3の干渉計から成る干渉計システムを採用した場合について説明したが、これは、本発明の目的であるスループットの向上をより効果的に達成しようとの観点からこのようにしたものであって、本発明がこれに限定されないことは勿論である。すなわち、通常の正方形、長方形のウエハステージであっても、本発明は上記実施形態と同様に好適に適用でき、スループットの向上という効果は、程度の差こそあれ十分に得られるものである。

【0259】また、上記実施形態では、ウエハステージWSTが移動ステージ52、レベリング駆動機構、基板テーブルTB等を備えた場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、例えば、単なる板状の部材を基板ステージとして用いても構わない。かかる板状部材であっても、いわゆる2次元平面モータ（Z駆動コイルを備えたもの）等を用いれば、XY平面に対する傾斜駆動、Z方向駆動は可能だからである。

【0260】また、上記実施形態では、第1～第3反射面60a、60b、60cの全てを基板テーブルTBの側面に鏡面加工にて形成する場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではなく、いずれか任意の1つ又は2つを平面鏡から成る移動鏡の反射面にて構成しても構わないことは勿論である。

【0261】なお、上記実施形態では、投影光学系PLとして、石英や螢石を光学硝材とした屈折光学素子（レンズ）のみで構成される縮小投影レンズを用いる場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、その他のタイプの投影光学系であっても全く同様に適用できるものである。そこで、図14を参照して、その他のタイプの投影光学系について簡単に説明する。

【0262】図14（A）は、屈折光学素子（レンズ系）GS1～GS4、凹面鏡MRs、ビームスプリッタPBSを組み合わせた縮小投影光学系であり、この系の特徴はレチクルRからの結像光束を大きなビームスプリッタPBSを介して凹面鏡MRsで反射させて再びビー

ムスプリッタPBSに戻し、屈折レンズ系GS4で縮小率を稼いで投影像面PF3（ウエハW）上に結像する点であり、詳しくは特開平3-282527号公報に開示されている。

【0263】図14（B）は、屈折光学素子（レンズ系）GS1～GS4、小ミラーMRa、凹面鏡MRsを組み合わせた縮小投影光学系であり、この系の特徴は、レチクルRからの結像光束を、レンズ系GS1、GS2、凹面鏡MRsからなるほぼ等倍の第1結像系PL1、偏心配置の小ミラーMRa、そしてレンズ系GS3、GS4で構成されてほぼ所望の縮小率を持った第2結像系PL2を通して投影像面PF3（ウエハW）上に結像させる点であり、詳しくは特開平8-304705号公報に開示されている。

【0264】なお、上記実施形態では、アライメント光学系としてオフアクシス・アライメントセンサALGを用いる場合について説明したが、これに限らず、 TTL（スルー・ザ・レンズ）タイプ等のオンアクシス・アライメント光学系を用いても勿論良い。かかる場合には、第2の干渉計76Yと同様に、第1、第3の干渉計76X1、76X2から射出している2本の光束（測長ビーム）の中心線の延長線が交差する位置に投影光学系PLの光軸が位置するようにし、3ヶ所全ての2軸光束で計測した結果の差分の平均値によりウエハステージヨーイングを決定すれば、ヨーイング計測精度が $1/\sqrt{3}$ に向上する。

【0265】ところで、本発明者は、主として二重露光の際のスループットを向上させようとの観点から、ウエハステージ（基板ステージ）を2つ備え、一方のウエハステージ上のウエハに対する露光動作中に、他方のウエハステージ上でウエハ交換、アライメント等の他の動作を並行して行なう露光装置を先に提案した（特開平10-163097号公報、特開平10-163098号公報等参照）。これらの公報に記載の露光装置は、二重露光でなく、通常の露光に用いれば、二重露光の場合より更にスループットが向上することは明らかである。また、これらの公報に記載の露光装置に、上記第1の実施形態で説明した走査露光方法を採用すると、通常露光及び二重露光のいずれの場合であっても、更に一層スループットの向上を図ることが可能である。

【0266】しかしながら、かかる場合には、特開平10-163098号公報に記載のように、一方のウエハステージ側と他方のウエハステージ側との動作を、お互いに影響を与えないような動作同士を同期させて行う等の制御上の工夫に加え、上記第1の実施形態で説明したようなウエハステージの制御を行わなければならないので、ステージ制御系の制御プログラムが大変複雑なものになってしまう。かかる不都合を改善すべくなされたのが、次の第2の実施形態である。

【0267】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の

実施形態を図 15～図 19 に基づいて説明する。

【0268】図 15 には、第 2 の実施形態に係る露光装置 110 の概略構成が示されている。ここで、前述した第 1 の実施形態と同一若しくは同等の部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を簡略にし、若しくは省略するものとする。この露光装置 110 は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置である。

【0269】この露光装置 110 は、基板としてのウエハ W1、W2 をそれぞれ保持して独立して 2 次元方向に移動する第 1 可動体としての 2 つの正方形のウエハステージ WST1、WST2 を備えたステージ装置 101、このステージ装置 101 の上方に配置された投影光学系 PL、投影光学系 PL の上方でマスクとしてのレチクル R を主として所定の走査方向、ここでは Y 軸方向（図 15 における紙面直交方向）に駆動するレチクル駆動機構、レチクル R を上方から照明する照明光学系 18 及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。

【0270】前記ステージ装置 101 は、前記架台部（第 1 コラム）16 を構成する定盤 22 と、この定盤 22 上に XY 面内で相対移動可能に支持された第 2 可動体としての長方形の可動型定盤 138 と、この可動型定盤 138 上に XY 面内で該可動型定盤 138 に対して相対移動可能に支持された前記 2 つのウエハステージ WST1、WST2 と、ウエハステージ WST1、WST2 の位置を計測する干渉計システムとを備えている。可動型定盤 138 としては、前述した第 1 の実施形態の可動型定盤 38 と同様の構成のものが用いられている。なお、この可動型定盤 138 の役割等については更に後述する。

【0271】ウエハステージ WST1、WST2 は、投影光学系 PL 下方で可動型定盤 138 上に設けられた駆動装置としての平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 42a、42b によってそれぞれ浮上支持されるとともに、投影光学系 PL の光軸 AX と直交する XY 2 次元平面内で相互に独立して駆動されるようになっている。また、可動型定盤 138 は、ウエハステージ WST1、WST2 と同様に、定盤 22 上に設けられた第 2 の駆動装置としての平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 44 によって浮上支持されるとともに、XY 2 次元平面内で自在に駆動されるようになっている。なお、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 42a、42b、44 は、図 15 のステージ制御装置 160 によって制御されるようになっている。

【0272】前記ウエハステージ WST1、WST2 上には、不図示のウエハホルダを介してウエハ W1、W2 が静電吸着又は真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示の Z・θ 駆動機構によって、XY 平面に直交する Z 軸方向及び θ 方向（Z 軸回りの回転方向）に微小駆動されるようになっている。また、ウエハ

ステージ WST1、WST2 の上面には、種々の基準マークが形成された基準マーク板 FM1、FM2 がウエハ W1、W2 とそれぞれほぼ同じ高さになるように設置されている。これらの基準マーク板 FM1、FM2 は、例えば各ウエハステージの基準位置を検出する際に用いられる。

【0273】また、図 16 に示されるように、ウエハステージ WST1 の X 軸方向一侧の面（図 15 における左側面）120 と Y 軸方向一侧の面（図 15 における紙面奥側の面）121 とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっており、同様に、ウエハステージ WST2 の X 軸方向他側の面（図 15 における右側面）122 と Y 軸方向一侧の面 123 とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっている。これらの反射面に、後述する干渉計システムを構成する各測長軸（BI1X、BI2X 等）の干渉計ビームが投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各反射面の基準位置（一般には投影光学系側面やアライメント光学系の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位を計測し、これにより、ウエハステージ WST1、WST2 の 2 次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの測長軸の構成については、後に詳述する。

【0274】投影光学系 PL の X 軸方向の両側には、図 15 に示されるように、同じ機能を持ったオフアクシス（off-axis）方式のアライメント系 124a、124b が、投影光学系 PL の光軸中心（レチクルパターン像の投影中心と一致）よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系 124a、124b は、LSA（Laser Step Alignment）系、FIA（Filed Image Alignment）系、LIA（Laser Interferometric Alignment）系の 3 種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークの X、Y 2 次元方向の位置計測を行うことが可能である。

【0275】ここで、LSA 系は、レーザ光をマークに照射して、回折・散乱された光を利用してマーク位置を計測する最も汎用性のあるセンサであり、従来から幅広いプロセスウエハに使用される。FIA 系は、ハロゲンランプ等のブロードバンド（広帯域）光でマークを照明し、このマーク画像を画像処理することによってマーク位置を計測するセンサであり、アルミ層やウエハ表面の非対称マークに有効に使用される。また、LIA 系は、回折格子状のマークに周波数をわずかに変えたレーザ光を 2 方向から照射し、発生した 2 つの回折光を干渉させて、その位相からマークの位置情報を検出するセンサであり、低段差や表面荒れウエハに有効に使用される。

【0276】本第 2 の実施形態では、これら 3 種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の 3 点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行ういわゆるサーチアライメントや、ウエハ

ハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行うファインアライメント等を行うようになっていく。

【0277】この場合、アライメント系124aは、ウェハステージWST1上に保持されたウェハW1上のアライメントマーク及び基準マーク板FM1上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。また、アライメント系124bは、ウェハステージWST2上に保持されたウェハW2上のアライメントマーク及び基準マーク板FM2上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。

【0278】これらのアライメント系124a、124bを構成する各アライメントセンサからの情報は、アライメント制御装置180によりA/D変換され、デジタル化された波形信号を演算処理してマーク位置が検出される。この結果が主制御装置190に送られ、主制御装置190からその結果に応じてステージ制御装置160に対し露光時の同期位置補正等が指示されるようになっていく。

【0279】また、図示は省略されているが、投影光学系PL、アライメント系124a、124bのそれぞれには、上記特開平10-163098号公報に開示されるような、合焦位置を調べるためのオートフォーカス/オートレベリング(AF/AL)計測機構が設けられている。

【0280】次に、レチクル駆動機構について、図15及び図16に基づいて説明する。

【0281】このレチクル駆動機構は、レチクルベース定盤28上をレチクルRを保持してXYの2次元方向に移動可能なレチクルステージRSTと、このレチクルステージRSTを駆動する不図示のリニアモータ等から成る駆動系29と、レチクルステージRSTに固定された移動鏡31を介してレチクルステージRSTの位置を計測するレチクルレーザ干渉計30とを備えている。

【0282】これを更に詳述すると、レチクルステージRSTには、図16に示されるように、2枚のレチクルR1、R2がスキャン方向(Y軸方向)に直列に設置できるようになっており、このレチクルステージRSTは、不図示のエアーベアリング等を介してレチクルベース定盤28上に浮上支持され、駆動系29によりX軸方向の微小駆動、 $\theta$ 方向の微小回転及びY軸方向の走査駆動がなされるようになっていく。なお、駆動系29は、リニアモータを駆動源とする機構であるが、図15では図示の便宜上及び説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージRST上のレチクルR1、R2が例えば二重露光の際に選択的に使用され、いずれのレチクルについてもウェハ側と同期スキャンできるような構成となっている。

【0283】レチクルステージRST上には、X軸方向の他側の端部に、レチクルステージRSTと同じ素材(例えばセラミック等)から成る平行平板移動鏡31X

がY軸方向に延設されており、この移動鏡31XのX軸方向の他側の面には鏡面加工により反射面が形成されている。この移動鏡31Xの反射面に向けて測長軸BI6Xで示される干渉計(図示省略)からの干渉計ビームが照射され、その干渉計ではその反射光を受光して基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージRSTの位置を計測している。ここで、この測長軸BI6Xを有する干渉計は、実際には独立に計測可能な2本の干渉計光軸を有しており、レチクルステージのX軸方向の位置計測と、ヨイニング量の計測が可能となっている。この測長軸BI6Xを有する干渉計の計測値は、後述するウェハステージ側の測長軸BI1X、BI2Xを有する干渉計116、118からのウェハステージWST1、WST2のヨイニング情報やX位置情報に基づいてレチクルとウェハの相対回転(回転誤差)をキャンセルする方向にレチクルステージRSTを回転制御したり、X方向同期制御を行うために用いられる。

【0284】一方、レチクルステージRSTの走査方向(スキャン方向)であるY軸方向の他側(図15における紙面手前側)には、一対のコーナーキューブミラー31<sub>y1</sub>、31<sub>y2</sub>が設置されている。そして、不図示の一対のダブルパス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー31<sub>y1</sub>、31<sub>y2</sub>に対して図16に測長軸BI7Y、BI8Yで示される干渉計ビームが照射され、レチクルベース定盤28上の反射面にコーナーキューブミラー31<sub>y1</sub>、31<sub>y2</sub>より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を戻り、それぞれのダブルパス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー31<sub>y1</sub>、31<sub>y2</sub>の基準位置(レファレンス位置で前記レチクルベース定盤28上の反射面)からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルパス干渉計の計測値が図15のステージ制御装置160に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージRSTのY軸方向の位置が計測される。このY軸方向位置の情報は、ウェハ側の測長軸BI3Yを有する干渉計の計測値に基づくレチクルステージRSTとウェハステージWST1又はWST2との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向(Y軸方向)のレチクルとウェハの同期制御に用いられる。

【0285】このように、本第2の実施形態では、測長軸BI6Xで示される干渉計及び測長軸BI7Y、BI8Yで示される一対のダブルパス干渉計の合計3つの干渉計によって図15に示されるレチクルレーザ干渉計30が構成されている。

【0286】次に、ウェハステージWST1、WST2の位置を管理する干渉計システムについて、図15～図17を参照しつつ説明する。

【0287】これらの図に示されるように、投影光学系PLの投影中心とアライメント系124a、124bのそれぞれの検出中心とを通るX軸に沿ってウェハステー

ジ WST 1 の X 軸方向一側の面には、図 15 の干渉計 116 からの測長軸 B I 1 X で示される干渉計ビームが照射され、同様に、X 軸に沿ってウエハステージ WST 2 の X 軸方向の他側の面には、図 15 の干渉計 118 からの測長軸 B I 2 X で示される干渉計ビームが照射されている。そして、干渉計 116、118 ではこれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージ WST 1、WST 2 の X 軸方向位置を計測するようになっている。

【0288】ここで、干渉計 116、118 は、図 16 に示されるように、各 3 本の光軸を有する 3 軸干渉計であり、ウエハステージ WST 1、WST 2 の X 軸方向の計測以外に、チルト計測及び  $\theta$  計測が可能となっている。この場合、ウエハステージ WST 1、WST 2 の  $\theta$  回転を行う不図示の  $\theta$  ステージ及び Z 軸方向の微小駆動及び傾斜駆動を行う不図示の Z・レベリングステージは、実際には、反射面 (120~123) の下にあるので、ウエハステージのチルト制御時の駆動量は全て、これらの干渉計 116、118 によりモニタする事ができる。

【0289】なお、測長軸 B I 1 X、B I 2 X の各干渉計ビームは、ウエハステージ WST 1、WST 2 の移動範囲の全域で常にウエハステージ WST 1、WST 2 に当たるようになっており、従って、X 軸方向については、投影光学系 PL を用いた露光時、アライメント系 124 a、124 b の使用時等いずれのときにもウエハステージ WST 1、WST 2 の位置は、測長軸 B I 1 X、B I 2 X の計測値に基づいて管理される。

【0290】また、図 16 及び図 17 に示されるように、投影光学系 PL の投影中心で X 軸と垂直に交差する測長軸 B I 3 Y を有する干渉計 132 と、アライメント系 124 a、124 b のそれぞれの検出中心で X 軸とそれぞれ垂直に交差する測長軸 B I 4 Y、B I 5 Y をそれぞれ有する干渉計 131、133 とが設けられている。

【0291】本実施形態の場合、投影光学系 PL を用いた露光時のウエハステージ WST 1、WST 2 の Y 方向位置計測には、投影光学系 PL の投影中心、すなわち光軸 AX を通過する測長軸 B I 3 Y の干渉計 132 の計測値が用いられ、アライメント系 124 a の使用時のウエハステージ WST 1 の Y 方向位置計測には、アライメント系 124 a の検出中心、すなわち光軸 SX を通過する測長軸 B I 4 Y の干渉計 131 の計測値が用いられ、アライメント系 124 b 使用時のウエハステージ WST 2 の Y 方向位置計測には、アライメント系 124 b の検出中心、すなわち光軸 SX を通過する測長軸 B I 5 Y の干渉計 133 の計測値が用いられる。

【0292】従って、各使用条件により、Y 軸方向の干渉計測長軸がウエハステージ WST 1、WST 2 の反射面より外れる事となるが、少なくとも一つの測長軸、すなわち測長軸 B I 1 X、B I 2 X はそれぞれのウエハス

テージ WST 1、WST 2 の反射面から外れることがないので、使用する干渉計光軸が反射面上に入った適宜な位置で Y 側の干渉計のリセットを行うことができる。

【0293】なお、上記 Y 計測用の測長軸 B I 3 Y、B I 4 Y、B I 5 Y の各干渉計 132、131、133 は、各 2 本の光軸を有する 2 軸干渉計であり、ウエハステージ WST 1、WST 2 の Y 軸方向の計測以外に、チルト計測が可能となっている。本実施形態では、干渉計 116、118、131、132、133 の合計 5 つの干渉計によって、ウエハステージ WST 1、WST 2 の 2 次元座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。

【0294】さらに、図 15 に示される主制御装置 190 には、ウエハステージ WST 1、WST 2 の移動を管理するための条件式 (例えば、干渉化条件) 等が記憶されたメモリ 191 が設けられている。

【0295】また、本第 2 の実施形態では、後述するように、ウエハステージ WST 1、WST 2 の内の一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、ウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージ同士が干渉しないように、各干渉計の出力値に基づいて主制御装置 190 の指令に応じてステージ制御装置 160 により、ウエハステージ WST 1、WST 2 の移動が管理されている。

【0296】次に、可動型定盤 138 の役割及びその制御方法等について、簡単に説明する。この可動型定盤 138 も基本的には前述した第 1 の実施形態の可動型定盤 38 と同等の役割を有し、ステージ制御装置 160 によって同様にして制御される。

【0297】すなわち、可動型定盤 138 の上面には、ウエハステージ WST 1、WST 2 の下面に設けられた不図示の永久磁石とともに平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 42 a、42 b を構成する複数のコイル (図示省略) が XY 2 次元方向に張り巡らされている。そして、ウエハステージ WST 1、WST 2 は、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 42 a、42 b によって可動型定盤 138 の上方に浮上支持されるとともに、前記コイルの内の各ウエハステージ WST 1、WST 2 が対向する部分のコイルに流す電流を制御することにより任意の 2 次元方向に独立して駆動される構成となっている。

【0298】可動型定盤 138 は、第 1 の実施形態の可動型定盤 38 と同様にして、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ 44 によって定盤 22 の上方に浮上支持されるとともに、前記コイルに流す電流を制御することにより任意の 2 次元方向に駆動される構成となっている。

【0299】この場合、ウエハステージ WST 1、WST 2 と可動型定盤 138、可動型定盤 138 と定盤 22 とは、それぞれ非接触のため、それぞれの間の摩擦が非常に小さくなっている結果、ウエハステージ WST 1、

WST2、可動型定盤138を含む系全体として運動量保存則が成立する。すなわち、ウエハステージWST1及びWST2の一方が移動する場合には、上記第1の実施形態と全く同様であり、ウエハステージWST1とWST2とが、同時に移動する場合には、これらのステージの駆動力の合力に対する反力によって可動型定盤138が移動するからである。

【0300】本第2の実施形態においても、上記第1の実施形態と同様に、ウエハステージ加速度、最高速度、フットプリントの悪化を1桁以下に抑えるため、ウエハステージWST1、WST2の質量 $m$ と可動型定盤138の質量 $M$ の比が $m:M=1:9$ 以下になるように、すなわちウエハステージWST1、WST2の重量が可動型定盤138の重量の $1/9$ 以下になるように設定している。なお、ウエハステージWST1とウエハステージWST2との質量が異なる場合には、可動型定盤138の質量を、軽い方のウエハステージの質量を基準として少なくともその質量の9倍程度以上に定めると良い。

【0301】また、可動型定盤138の必要ストロークを小さくするために、ステージ制御装置160では、可動型定盤138駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44に対する制御応答を露光、アライメント時とその他の時とで可変するようにしている。

【0302】従って、露光の際は、ウエハステージWST1又はWST2とレチクルステージRSTが同期して移動するが、可動型定盤138駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44の制御応答を数Hzにて制御すれば、数十Hzで制御されるウエハステージWST1、WST2駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ42a、42bの可動型定盤138に対する反力には殆ど追従できず、運動量保存則から可動型定盤138が自由に運動してその反力を吸収してしまい、その反力の影響が外部に及ばない。

【0303】また、ステージ制御装置160では、レチクルステージRSTの位置やウエハステージWST1、WST2の位置の変化にて露光装置本体12が全体的に傾いた場合に、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44の制御応答を数Hzにて制御することにより、その傾き方向に可動型定盤138が移動する低周波位置ずれを防止するようになっている。

【0304】また、本実施形態においても、可動型定盤138の定盤22に対するXY方向の相対移動の位置を検出する位置計測装置としてのリニアエンコーダ45

(図15参照)を用いたフィードバック制御により、上記第1の実施形態と同様に、所定のタイミングでステージ制御装置160が、可動型定盤138駆動用の平面磁気浮上型リニアアクチュエータ44の応答周波数を数十Hzに上げる等の動作によって可動型定盤138の移動量を小さくする(ほぼ所定の位置に維持する)ようになっている。

【0305】前記制御系は、装置全体を統括的に制御する主制御装置190を中心に、この主制御装置190の配下にある露光量制御装置170及びステージ制御装置160等から構成されている。

【0306】ここで、制御系の上記構成各部の動作を中心に本実施形態の露光装置110の露光時の動作について説明する。

【0307】露光量制御装置170は、レチクルRとウエハ(W1又はW2)との同期走査が開始されるのに先立って、不図示のシャッタ駆動部を介して照明光学系18内の不図示のシャッタをオープンする。

【0308】この後、ステージ制御装置160により、主制御装置190の指示に応じてレチクルRとウエハ(W1又はW2)、すなわちレチクルステージRSTとウエハステージ(WST1又はWST2)の同期走査(スキャン制御)が開始される。この同期走査は、前述した干渉計システムの測長軸BI3Yと測長軸BI1X又はBI2X及びレチクルレーザ干渉計30の測長軸BI7Y、BI8Yと測長軸BI6Xの計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置160によってレチクル駆動部29及びウエハステージの駆動系(平面磁気浮上型リニアアクチュエータ42a又は42b)を制御することにより行われる。

【0309】そして、両ステージが所定の許容誤差以内に等速度制御された時点で、露光量制御装置170では、エキシマレーザのパルス発光を開始させる。これにより、照明光学系18からの照明光により、その下面にパターンがクロム蒸着されたレチクルRの前記矩形の照明領域IAが照明され、その照明領域内のパターンの像が投影光学系PLにより $1/4$ (又は $1/5$ )倍に縮小され、その表面にフォトレジストが塗布されたウエハ(W1又はW2)上に投影露光される。ここで、図16からも明らかなように、レチクルR上のパターン領域に比べ照明領域IAの走査方向のスリット幅は狭く、上記のようにレチクルRとウエハ(W1又はW2)とを同期走査することで、パターンの全面の像がウエハ上のショット領域に順次形成される。

【0310】ここで、前述したパルス発光の開始と同時に、露光量制御装置170は、振動ミラー18Dを駆動させ、レチクルR上のパターン領域が完全に照明領域IA(図16参照)を通過するまで、すなわちパターンの全面の像がウエハ上のショット領域に形成されるまで、連続してこの制御を行うことで2つのフライアイレンズ系で発生する干渉縞のムラ低減を行う。

【0311】また、上記の走査露光中にショットエッジ部でのレチクル上の遮光領域よりも外に照明光が漏れないように、レチクルRとウエハWのスキャンと同期して可動ブラインド18Mが駆動系43によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置160により管理されている。

【0312】上述した走査露光（スキャン露光）中、特開平10-163098号公報に開示される如く、レジスト感度に対応した積算露光量となるように、主制御装置190又は露光量制御装置170では、照射エネルギーや発振周波数の可変量について全て演算を行い、光源部内に設けられた減光システムを制御することによって照射エネルギーや発振周波数を可変させたり、シャッタや振動ミラーを制御したりするように構成されている。

【0313】さらに、主制御装置190では、例えば、スキャン露光時に同期走査を行うレチクルステージとウエハステージの移動開始位置（同期位置）を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置160に対して補正量に応じたステージ位置の補正を指示する。

【0314】更に、本実施形態の露光装置110では、ウエハステージWST1との間でウエハの交換を行う第1の搬送システムと、ウエハステージWST2との間でウエハ交換を行う第2の搬送システムとが設けられている。

【0315】第1の搬送システムは、図18に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWST1との間で後述するようにしてウエハ交換を行う。この第1の搬送システムは、Y軸方向に延びる第1のローディングガイド182、このローディングガイド182に沿って移動する第1のスライダ186及び第2のスライダ187、第1のスライダ186に取り付けられた第1のアンロードアーム184、第2のスライダ187に取り付けられた第1のロードアーム188等を含んで構成される第1のウエハローダと、ウエハステージWST1上に設けられた3本の上下動部材から成る第1のセンターアップ181とから構成される。

【0316】ここで、この第1の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。

【0317】ここでは、図18に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWST1上にあるウエハW1'と第1のウエハローダにより搬送されてきたウエハW1とが交換される場合について説明する。

【0318】まず、主制御装置190では、ウエハステージWST1上の不図示のウエハホルダのバキュームを不図示のスイッチを介してオフし、ウエハW1'の吸着を解除する。

【0319】次に、主制御装置190では、不図示のセンターアップ駆動系を介してセンターアップ181を所定量上昇駆動する。これにより、ウエハW1'が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置190では、不図示のウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の移動を指示する。これにより、ウエハローダ制御装置により第1のスライダ186が駆動制御され、第1のアンロードアーム184がローディングガ

イド182に沿ってウエハステージWST1上まで移動してウエハW1'の真下に位置する。

【0320】この状態で、主制御装置190では、センターアップ181を所定位置まで下降駆動させる。このセンターアップ181の下降の途中で、ウエハW1'が第1のアンロードアーム184に受け渡されるので、主制御装置190ではウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184のバキューム開始を指示する。これにより、第1のアンロードアーム184にウエハW1'が吸着保持される。

【0321】次に、主制御装置190では、ウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の退避と第1のロードアーム188の移動開始を指示する。これにより、第1のスライダ186と一体的に第1のアンロードアーム184が図18の-Y方向に移動を開始すると同時に第2のスライダ187がウエハW1を保持した第1のロードアーム188と一体的に+Y方向に移動を開始する。そして、第1のロードアーム188がウエハステージWST1の上方に来たとき、ウエハローダ制御装置により第2のスライダ187が停止されるとともに第1のロードアーム188のバキュームが解除される。

【0322】この状態で、主制御装置190ではセンターアップ181を上昇駆動し、センターアップ181によりウエハW1を下方から持ち上げさせる。次いで、主制御装置190ではウエハローダ制御装置にロードアームの退避を指示する。これにより、第2のスライダ187が第1のロードアーム188と一体的に-Y方向に移動を開始して第1のロードアーム188の退避が行われる。この第1のロードアーム188の退避開始と同時に主制御装置190では、センターアップ181の下降駆動を開始してウエハW1をウエハステージWST1上の不図示のウエハホルダに載置させ、当該ウエハホルダのバキュームをオンにする。これにより、ウエハ交換の一連のシーケンスが終了する。

【0323】第2の搬送システムは、同様に、図19に示されるように、右側のウエハローディング位置にあるウエハステージWST2との間で上述と同様にしてウエハ交換を行う。この第2の搬送システムは、Y軸方向に延びる第2のローディングガイド192、この第2のローディングガイド192に沿って移動する第3のスライダ196及び第4のスライダ200、第3のスライダ196に取り付けられた第2のアンロードアーム194、第4のスライダ200に取り付けられた第2のロードアーム198等を含んで構成される第2のウエハローダと、ウエハステージWST2上に設けられた不図示の第2のセンターアップとから構成される。

【0324】次に、図18及び図19に基づいて、2つのウエハステージWST1、WST2による並行処理について説明する。

【0325】図18には、ウエハステージWST2上の



ウェハW2を投影光学系PLを介して露光動作を行っている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWST1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行われている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWST1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにしてアライメント動作が行われる。なお、図18において、露光動作中のウエハステージWST2の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI2X、BI3Yの計測値に基づいて行われ、ウエハ交換とアライメント動作が行われるウエハステージWST1の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI1X、BI4Yの計測値に基づいて行われる。

【0326】この図18に示される左側のローディング位置ではアライメント系124aの真下にウエハステージWST1の基準マーク板FM1上の基準マークが来るような配置となっている。このため、主制御装置190では、アライメント系124aにより基準マーク板FM1上の基準マークを計測する以前に、干渉計システムの測長軸BI4Yの干渉計のリセットを実施している。

【0327】上述したウエハ交換、干渉計のリセットに引き続いて、サーチアライメントが行われる。そのウエハ交換後に行われるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるプリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWST1上で再度行われるプリアライメントのことである。具体的には、ステージWST1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク（図示せず）の位置をアライメント系124aのLSA系のセンサ等を用いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX、Y、θ方向の位置合わせを行う。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置190により制御される。

【0328】このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEGAを使って求めるファインアライメントが行われる。具体的には、干渉計システム（測長軸BI1X、BI4Y）により、ウエハステージWST1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ（アライメントマーク位置データ）をもとに、ウエハステージWST1を順次移動させつつ、ウエハW1上の所定のサンプルショットのアライメントマーク位置をアライメント系124aのFIA系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを演算する。なお、このEGAの際の各部の動作は主制御装置190により制御され、上記の演算は主制御装置190により行われる。なお、この演算結果は、基準マーク板FM1の基準マーク位置を基準とする座標系に変換しておくことが望ましい。

【0329】本実施形態の場合、前述したように、アラ

イメント系124aによる計測時に、露光時と同じAF/AL機構の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測が行われ、アライメント時と露光時との間にステージの姿勢によるオフセット（誤差）を生じさせないようにすることができる。

【0330】ウエハステージWST1側で、上記のウエハ交換、アライメント動作が行われている間に、ウエハステージWST2側では、2枚のレチクルR1、R2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行われる。

【0331】具体的には、前述したウエハW1側と同様にして、事前にEGAによるファインアライメントが行われており、この結果得られたウエハW2上のショット配列データ（基準マーク板FM2上の基準マークを基準とする）に基づいて、順次ウエハW2の隣接ショットへのショット間移動（ステッピング）動作が行われ、ウエハW2上の各ショット領域に対して順次前述したスキャン露光が行われる。上記のショット間移動動作の際に、前述した第1の実施形態中で図8（A）～（C）を用いて説明したのと同様のウエハステージWST2の移動制御が行われる。

【0332】このようなウエハW2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後にも連続して行われる。具体的な二重露光の露光順序としては、例えばウエハW1の各ショット領域をレチクルR2を使って順次スキャン露光を行った後、レチクルステージRSTを走査方向に所定量移動してレチクルR1を露光位置に設定した後、上記と逆の順序でスキャン露光を行う。この時、レチクルR2とレチクルR1では露光条件（AF/AL、露光量）や透過率が異なるので、レチクルアライメント時にそれぞれの条件を計測し、その結果に応じて条件の変更を行う必要がある。

【0333】このウエハW2の二重露光中の各部の動作も主制御装置190によって制御される。

【0334】上述した図18に示す2つのウエハステージWST1、WST2上で並行して行われる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作が終了した時点で図19に示す位置までウエハステージWST1、WST2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージWST2上のウエハW2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージWST1上のウエハW1は、投影光学系PLの下で露光シーケンスが行われる。

【0335】図19に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様にアライメント系124bの下に基準マーク板FM2上の基準マークが来るように配置されており、前述のウエハ交換動

作とアライメントシーケンスとが実行される事となる。勿論、干渉計システムの測長軸B I 5 Yの干渉計のリセット動作は、アライメント系124bによる基準マーク板FM2上のマーク検出に先立って実行されている。

【0336】なお、上記の一連の並行処理動作の過程で行われる主制御装置190による干渉計のリセット動作は、上記特開平10-163098号公報に開示される動作と全く同様であり、公知であるから詳細な説明は省略する。

【0337】本実施形態のように、2つのウエハステージWST1、WST2を使って異なる動作を同時並行処理する場合、一方のステージで行われる動作が他方のステージの動作に影響（外乱）を与える可能性がある。このような場合、上記特開平10-163098号公報に記載の露光装置では、同公報の図11～図13及びその説明部分に開示されるような2つのステージWST1、WST2上で行われる動作のタイミング調整を行っていたため、制御動作が複雑であった。

【0338】これに対し、本実施形態では、前述の如く、ウエハステージWST1、WST2が、可動型定盤138を介して定盤22上に配置されているため、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ42a又は42bによりいずれかのウエハステージ（WST1又はWST2）が駆動された場合には、その駆動力の反力により可動型定盤138が移動して、ウエハステージ（WST1又はWST2）の重心移動による偏荷重を可動型定盤138の重心移動によりキャンセルすることができ、結果的にステージ装置101全体の重心を所定位置に保持できるのみならず、平面磁気浮上型リニアアクチュエータ42a、42bによりウエハステージWST1、WST2が同時に駆動された場合には、その駆動力の合力に対応する反力によりウエハステージWST1、WST2の重心移動による偏荷重を可動型定盤138の重心移動によりキャンセルするように該可動型定盤138が移動し、結果的にステージ装置101全体の重心を所定位置に保持できる。従って、ウエハステージWST1、WST2の一方の動作が他方に外乱として作用することがないようにウエハステージ同士の動作の調整を行う必要がなくなるので、制御負担が軽減されるとともに、各ウエハステージの位置制御性をともに高く維持することができる。

【0339】また、上述の如く、複数枚のレチクルRを使って二重露光を行う場合、高解像度とDOF（焦点深度）の向上効果が得られる。しかし、この二重露光法は、露光工程を少なくとも2度繰り返さなければならぬため、従来の露光装置では、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下するという不都合があった。これに対し、本第2の実施形態では一方のウエハステージ上の露光動作と、他方のウエハステージ上のアライメント、ウエハ交換動作等の同時並行処理によりスループットを大幅に改善できるため、スループットを低下させる

ことなく高解像度とDOFの向上効果とを得ることができ。

【0340】なお、上記特開平10-163098号公報にも開示されるように、ダブルウエハステージを備えた露光装置では、例えば、各処理時間をT1（ウエハ交換時間）、T2（サーチアライメント時間）、T3（ファインアライメント時間）、T4（1回の露光時間）とした場合に、T1、T2、T3とT4とを並列処理しながら二重露光を行う場合には、8インチウエハの場合、露光時間の方が大きいため該露光時間が制約条件となって全体のスループットが決まるが、本第2の実施形態ではウエハステージWST1、WST2のショット間移動時間の短縮により、この露光時間T4の短縮が可能であり、通常の一重露光とほぼ同等の高スループットによる二重露光を実現することができる。

【0341】なお、上記第2の実施形態では、本発明に係るステージ装置を二重露光法を用いてウエハの露光を行う装置に適用した場合について説明したが、同様の技術であるスティッチングにも適用でき、この場合には、一方のウエハステージ側で2枚のレチクルにて2回露光を行う間に、独立に可動できる他方のウエハステージ側でウエハ交換とウエハアライメントを並行して実施することにより、通常の露光装置によるスティッチングよりも高いスループットが得られる。

【0342】しかしながら、本発明に係るステージ装置の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。

【0343】また、上記第2の実施形態では、アライメント動作及びウエハ交換動作と、露光動作とを並行処理する場合について述べたが、これに限らず、例えば、ベースラインチェック（BCHK）、ウエハ交換が行われる度に行うキャリブレーション等のシーケンスについても同様に露光動作と並行処理するようにしても良い。

【0344】なお、上記第2の実施形態では、2つのウエハステージWST1、WST2として、正方形のウエハステージを用いる露光装置について説明したが、これに限らず、例えば図20に示されるように、第1の実施形態のウエハステージWST1、WST2と同様の三角形のウエハステージWST3、WST4を定盤22上の可動型定盤138上に配置しても良い。この図20の装置では、ウエハステージWST3、WST4の位置を計測する干渉計システムを、同図に示されるように、投影光学系PL、アライメント光学系124a、124bの中心で交わるXY軸に対して所定角度傾斜する測長軸を有する各一對、合計6つの干渉計211、212、213、214、215、216によって構成すれば良い。この場合、干渉計213、214によって、露光時のウエハステージWST3又はウエハステージWST4のY方向（同期移動方向）及びX方向（非走査方向）の位置制

御を高精度に行うことができる。また、干渉計 211、212 によってアライメント光学系 124a を用いて行われるアライメント時のウエハステージ WST3 の Y 方向及び X 方向の位置制御を高精度に行うことができる。また、干渉計 215、216 によってアライメント光学系 124b を用いて行われるアライメント時のウエハステージ WST4 の Y 方向及び X 方向の位置制御を高精度に行うことができる。

【0345】この場合において、干渉計 211 及び干渉計 213 の組あるいは、干渉計 213 及び干渉計 215 の組に代えて、前述した第 1 の干渉計 76X1 を用いて良く、同様に、干渉計 212 及び干渉計 214 の組あるいは、干渉計 214 及び干渉計 216 の組に代えて、前述した第 3 の干渉計 76X2 を用いて良い。また、ウエハステージ WST4 の Y 方向の位置制御を前述した第 2 の干渉計 76Y を用いて常に行い、上記の干渉計 213、214 又は干渉計 215、216 をそれぞれ同時に用いてウエハステージ WST4 の露光時又はアライメント時の X 方向の位置制御を第 1 の実施形態と同様に行っても良い。

【0346】また、上記第 2 の実施形態では、ステージ装置 101 を構成する第 1 可動体としてのウエハステージ WST1、WST2 が平面磁気浮上型リニアアクチュエータによって駆動される場合について説明したが、本発明に係るステージ装置がこれに限定されるものではなく、各第 1 可動体を駆動する駆動装置は通常のリニアモータ等であっても構わない。

【0347】なお、上記実施形態中の説明では、図 8 (B)、(C) を用いてウエハステージ WST のショット間移動時の移動軌跡を図 8 (A) のような U 字状に設定する場合の速度制御方法について説明し、その際に、ウエハステージ WST (及びレチクルステージ RST) を走査方向について、一定加速度で目標走査速度 (スキャン速度) まで加速し、目標走査速度での走査露光が終了した後、一定加速度 (一定減速度) で減速する場合について説明したが (図 7 (B)、図 8 (B) 参照)、走査方向に関するレチクルステージ RST、ウエハステージ WST の加速度制御方法を変更することにより、更なるスループットの向上が可能である。

【0348】以下、上記第 1 の実施形態の走査型露光装置 10 を用いて、図 8 (A) に示される隣接したショット S1、S2、S3 を交互スキャンにより順次露光する際のステージ制御系によるステージの加速度制御方法について、図 21 及び図 22 に基づいて説明する。

【0349】走査型露光装置 10 では、レチクルステージ RST をウエハステージ WST の 4 倍 (又は 5 倍) の目標走査速度で走査する必要があることから、レチクルステージの加速能力が制約条件になるものと考えられるので、ここでは、レチクルステージ RST の加速度制御を中心に説明する。

【0350】図 21 (A) には、本発明の走査露光方法における、上記各ショットに対する走査露光に際して、第 1 の加速度制御方法を採用した場合のレチクルステージ RST の走査方向 (Y 方向) の速度指令値の時間変化が示されている。また、図 21 (B) には、先に説明した図 8 (B) に対応するレチクルステージ RST の走査方向 (Y 方向) の速度指令値の時間変化が比較例として示されている。さらに、図 21 (C) には、上記各ショットに対する走査露光に際して、第 2 の加速度制御方法を採用した場合のレチクルステージ RST の走査方向 (Y 方向) の速度指令値の時間変化が示されている。これらの図において、横軸は時間を示し、縦軸はレチクルステージの Y 方向の速度指令値  $V_{ry}$  を示す。

【0351】また、以下の説明においては、零から目標走査速度  $V_r$  までの加速時間を  $T_a$ 、レチクルとウエハの同期整定時間を  $T_s$ 、露光時間を  $T_e$ 、調整時間すなわち等速オーバースキャン時間を  $T_w$ 、目標走査速度  $V_r$  から零までの減速時間を  $T_d$  とする。

【0352】第 1 の加速度制御方法では、図 21 (A) に示されるように、図 2 の駆動系 29 を構成するリニアモータの発生可能な最高推力による最高加速度による等加速度制御ではなく、その加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいてレチクルステージ RST を同期移動方向 (Y 方向) に速度零から目標走査速度  $V_r$  まで加速する。ここで、上記の加速度変化曲線としては、2 次曲線 (放物線) や高次曲線が用いられる。

【0353】この第 1 の加速度制御方法によると、各ショットに対する走査露光に際して、レチクル R とウエハ W との同期移動に先立って、レチクル R が、その加速度が徐々に零に収束するような加速度変化曲線に基づいて Y 方向に沿って加速されることから、図 21 (B) に示されるように、一定加速度で目標走査速度  $V_r$  へ加速する場合のように加速終了時点で加速度が不連続に、すなわち急激に変化することがない。

【0354】図 22 (A)、(B) には、図 21 (A)、(B) にそれぞれ対応して整定時間  $T_s$  近傍のレチクルステージ RST の目標位置に対する位置誤差の時間変化が示されている。なお、目標位置は、当然に時間的に変化するが、図 22 (A)、(B) では各時点の目標位置 (図中の 0) を基準とする位置誤差が示されている。これら図 22 (A)、(B) を比較すると明らかに、上記の第 1 の加速度制御方法によると、図 21 (B) の場合と比べて目標位置に対する位置誤差を速やかに許容範囲内に収束させることができることが判る。これは、上記の加速度の急激な変化に起因するレチクルステージ RST の高周波振動を抑制することができるためである。この場合、その加速能力が制約条件となっている方のステージであるレチクルステージ RST の目標位置、従って目標走査速度への速やかな収束を実現できるので、結果的にレチクル R (レチクルステージ R

ST)とウェハW(ウェハステージWST)との同期整定時間 $T_s$ を短縮することができることは明らかである(図21(A)、(B)参照)。

【0355】また、上記第1の加速度制御方法を採用すると、加速時間 $T_a$ そのものは、一定加速度による加速の場合に比べて長くなる傾向があるが、同期整定時間 $T_s$ の短縮は加速時間の増加を補っても余りあり、図21(A)、(B)を比較すると明らかなように、プリスキャン時間( $T_a + T_s$ )は、上記第1の加速度制御方法を採用した場合の方が $\Delta t_1$ だけ短くなっている。前述の如く、同期整定時間 $T_s$ と等速オーバースキャン時間を $T_w$ は同一時間に設定されるため、等速オーバースキャン時間 $T_w$ も図21(A)の方が短くなり、制御が非常に容易な加速側と減速側の速度変化を左右対称に設定した図21(A)のような場合には、1ショットの露光のための、レチクルステージRSTの加速開始から減速終了までの総トータル時間を $2\Delta t_1$ だけ短縮することができ、その分スループットの向上が可能である。

【0356】上記第1の加速度制御方法では、制御方法が非常に簡単であるため、加速側と減速側の速度変化を左右対称に設定する場合について説明したが、減速終了時にはレチクルとウェハの同期制御のための整定時間はないため、減速時には加速度を急激に変化させても何らの支障はない。

【0357】そこで、第2の加速度制御方法では、この点に着目して、図21(C)に示されるように、減速時のみ、レチクルステージRSTを最高加速度に対応する一定の加速度(負の加速度)で減速することとしたものである。この場合、図21(A)の第1の加速度制御方法の場合と比べると等速オーバースキャン時間 $T_w$ は長くなるが、減速時間 $T_d$ がはるかに短くなるため、トータルのオーバースキャン時間( $T_w + T_d$ )は、第1の加速度制御方法に比べても時間 $\Delta t_2$ だけ短くなっていることが判る(図21(A)、(C)参照)。従って、ショットS1、S2、S3に対する走査露光に際しては、レチクルRの加速開始から減速終了までの総トータル時間をより短縮することができる。ここで、図21(A)と図21(C)との斜線部の面積が等しくなるようにすれば、レチクルステージRSTを次ショットの走査開始位置に正しく停止させることができる。

【0358】上述した第1、第2の加速度制御方法は、ウェハステージ側にも同様に適用することができ、レチクルステージとウェハステージの両者に上記第1、第2の加速度制御方法を適用することが、スループット向上の点では最も好ましい。

【0359】また、図8(A)に示されるショットS1に対する走査露光と、ショットS2に対する走査露光との間で、同図に示されるようなU字状(又はV字状)の移動軌跡に沿ってウェハステージWSTを移動させる際の走査方向(Y方向)の加速度制御に、上記第1、第2

の加速度制御方法を採用しても良い。例えば、第1の加速度制御方法を採用した場合には、結果的に最短距離に近い経路でウェハWが移動されるので、上記の整定時間の短縮とあいまってスループットの更なる向上が可能である。また、第2の加速度制御方法を採用した場合には、更に減速時間の短縮も可能なのでスループットのより一層の向上が可能である。

【0360】上記第1、第2の加速度制御は、各ショットの走査露光の都度、干渉計計測値等に基づいて所定の演算により加速度の制御量を求めて行うことも可能であるが、所定の加速度制御マップを予め用意し、この加速度制御マップを用いて時間を基準として実行しても良い。

【0361】また、上述した第1、第2の加速度制御方法は、前述した第2の実施形態の露光装置110にも同様に適用することができ、同様にスループット向上の効果が得られることは言うまでもない。

【0362】なお、上記実施形態では露光用照明光として波長が100nm以上の紫外光、具体的にはKrFエキシマレーザ又はArFエキシマレーザを用いる場合について説明したが、これに限らず、例えばg線、i線などのKrFエキシマレーザと同じ遠紫外域に属する遠紫外(DUV)光、あるいはArFエキシマレーザと同じ真空紫外域に属するF<sub>2</sub>レーザ(波長157nm)などの真空紫外(VUV)光を用いることができる。なお、YAGレーザの高調波などを用いても良い。

【0363】さらに、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム(又はエルビウムとイットリビウムの両方)がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

【0364】例えば、単一波長レーザの発振波長を1.51~1.59 $\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が189~199nmの範囲内である8倍高調波、又は発生波長が151~159nmの範囲内である10倍高調波が出力される。特に、発振波長を1.544~1.553 $\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が193~194nmの範囲内の8倍高調波、すなわちArFエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を1.57~1.58 $\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が157~158nmの範囲内の10倍高調波、すなわちF<sub>2</sub>レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

【0365】また、発振波長を1.03~1.12 $\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が147~160nmの範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を1.099~1.106 $\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が157~158nmの範囲内の7倍高調波、すなわちF<sub>2</sub>レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。なお、単一波長発振レーザとしてはイットリビウム・ドー

プ・ファイバーレーザを用いる。

【0366】また、上記実施形態の露光装置において、露光用照明光としては波長100nm以上の光に限らず、波長100nm未満の光を用いても良いことは勿論である。例えば、近年、70nm以下のパターンを露光するために、SORやプラズマレーザを光源として、軟X線領域（例えば5～15nmの波長域）のEUV (Extreme Ultraviolet) 光を発生させるとともに、その露光波長（例えば13.5nm）の基で設計されたオール反射縮小光学系、及び反射型マスクを用いたEUV露光装置の開発が行なわれている。この装置においては、円弧照明を用いてマスクとウエハを同期走査してスキャン露光する構成が考えられるので、かかる装置も本発明の適用範囲に含まれるものである。

【0367】また、電子線又はイオンビームなどの荷電粒子線を用いる露光装置にも本発明を適用することができる。電子線露光装置では電子銃として、例えば熱電子放射型のランタンヘキサボライト (LaB<sub>6</sub>)、タantal (Ta) を用いることができる。なお、電子線露光装置はペンシルビーム方式、可変成形ビーム方式、セルブプロジェクト方式、ブランキング・アパーチャ・アレイ方式、及びマスク投影方式のいずれであっても良い。マスク投影方式は、マスク上で互いに分離した250nm角程度の多数のサブフィールドに回路パターンを分解して形成し、マスク上で電子線を第1方向に順次シフトさせるとともに、第1方向と直交する第2方向にマスクを移動するのに同期して、分解パターンを縮小投影する電子光学系に対してウエハを相対移動し、ウエハ上で分解パターンの縮小像を繋ぎ合せて合成パターンを形成するものである。

【0368】なお、上記実施形態では、EUV露光装置や電子線露光装置などでチャンバ内が真空になることをも想定してステージの駆動系を磁気浮上型リニアアクチュエータとし、チャック系にも静電吸着方式を用いる等の工夫を行なっているが、露光波長が100nm以上の光露光装置に於いては、エアフローによるステージ駆動系や吸着にバキュームを用いても構わない。

【0369】ところで、上記実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の縮小投影露光装置（スキャニング・ステッパ）に本発明が適用された場合について説明したが、レチクルとウエハとをほぼ静止させた状態で、投影光学系を介してレチクルのパターンをウエハに転写する動作を繰り返すステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（ステッパ）、あるいはミラープロジェクト方式・アライナ、プロキシミティ方式の露光装置（例えばX線が照射される円弧状照明領域に対してマスクとウエハとを一体的に相対移動する走査型のX線露光装置）などにも本発明を適用できる。

【0370】また、投影光学系は縮小系だけでなく等倍系、又は拡大系（例えば液晶ディスプレイ製造用露光装

置など）を用いても良い。さらに、投影光学系は屈折系、反射系、及び反射屈折系のいずれであっても良い。なお、露光用照明光の波長によって光学素子（特に屈折素子）に使用可能な硝材やコーティング材の種類が制限され、かつ硝材毎にその製造可能な最大口径も異なるので、露光装置の仕様から決定される露光波長やその波長幅（狭帯幅）、及び投影光学系のフィールドサイズや開口数などを考慮して、屈折系、反射系、及び反射屈折系のいずれかを選択することになる。

【0371】一般に、露光波長が190nm程度以上であれば、硝材として合成石英と蛍石とを用いることができるので、反射系、及び反射屈折系は言うに及ばず、屈折系も比較的容易に採用することができる。また、波長が200nm程度以下の真空紫外光では、その狭帯化された波長幅によっては屈折系をも用いることができるが、特に波長が190nm程度以下では、硝材として蛍石以外に適当なものがなく、かつ波長の狭帯化も困難になることから、反射系、又は反射屈折系を採用するのが有利である。さらにEUV光では、複数枚（例えば3～6枚程度）の反射素子のみからなる反射系が採用される。なお、電子線露光装置では電子レンズ及び偏向器からなる電子光学系が用いられる。また、真空紫外域の露光用照明光ではその減衰を低減する気体（例えば窒素、ヘリウムなどの不活性ガス）で光路を満たすか、あるいはその光路を真空とし、EUV光、又は電子線ではその光路を真空とする。

【0372】さらに、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、撮像素子（CCDなど）の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。

【0373】さらに、レチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV光やVUV光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーパされた石英ガラス、蛍石、あるいは水晶などが用いられる。また、EUV露光装置では反射型マスクが用いられ、プロキシミティ方式のX線露光装置、又はマスク投影方式の電子線露光装置などでは透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。

【0374】また、本発明に係るステージ装置は前述した露光装置を始めとする、半導体素子などのマイクロデバイスの製造工程で使用されるリソグラフィ装置だけでなく、例えばレーザリペア装置、検査装置などにも適用

できる。さらに、マイクロデバイスの製造工程で使用される各種装置以外であっても本発明を適用できる。

【0375】また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【0376】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る露光装置及び走査露光方法によれば、スループットの向上を図ることができるという優れた効果がある。

【0377】また、本発明に係るステージ装置によれば、制御負担を軽減できるとともに、基板を保持する各第1可動体（基板ステージ）の位置制御性をともに高く維持することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の走査型露光装置を示す斜視図である。

【図2】図1の走査型露光装置の内部構成を概略的に示す図である。

【図3】図2のレーザ干渉計システムをより詳細に説明するための図であって、(A)はレーザ干渉計システムを構成する3つの干渉計からの干渉計ビームを基板テーブルTBとともに示す平面図、(B)は第2の干渉計からの干渉計ビームを該干渉計を構成する一部の光学系とともにより詳細に示す図、(C)は第2の干渉計からの測長ビーム $RIY_1$ （又は $RIY_2$ ）と測長ビーム $RIY_3$ の位置関係を説明するための図である。

【図4】基板テーブル上に取り付けられた空間像検出器の構成とそれに関連した信号処理系の構成を概略的に示す図である。

【図5】可動型定盤の役割及びその制御方法について説明するための図であって、(A)は定盤付近の概略平面図、(B)は(A)の矢印A方向から見た概略正面図である。

【図6】リアクションアクチュエータ及びリアクションフレームを説明するための図である。

【図7】(A)は投影光学系の有効フィールドに内接するウエハ上のスリット状の照明領域とショット領域S1との関係を示す平面図、(B)はステージ移動時間とステージ速度との関係を示す線図、(C)はウエハ周辺のショット領域Sを露光する場合のウエハ周辺ショットSと移動鏡長延長分との関係を説明するための図である。

【図8】(A)はショットS1、S2、S3を順次露光する場合のウエハ上照明スリットSTの中心Pが各ショット上を通過する軌跡を示す図、(B)は(A)の場合のウエハステージのスキャン方向の速度と時間の関係を

示す線図、(C)はそれに対応した非スキャン方向の速度と時間の関係を示す線図である。

【図9】ウエハWを交換するためのローディングポジションにウエハステージが位置するときの可動型定盤近傍の平面図である。

【図10】アライメント計測の際のウエハステージの移動の様子を示す可動型定盤近傍の平面図である。

【図11】露光開始時の位置にウエハステージが位置するときの可動型定盤近傍の平面図である。

【図12】露光終了時の位置にウエハステージが位置するときの可動型定盤近傍の平面図である。

【図13】本実施形態の効果を説明するための図であって、干渉計多軸化及びプリスキャン、オーバースキャンに起因する移動鏡距離悪化分があっても、本実施形態のウエハステージが従来の四角形状ステージに比べ、小型にできることを示す図である。

【図14】(A)は投影光学系を反射屈折光学系とした一例を示す図、(B)は投影光学系を反射屈折光学系としたその他の例を示す図である。

【図15】第2の実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

【図16】2つのウエハステージとレチクルステージと投影光学系とアライメント系の位置関係を示す斜視図である。

【図17】図15の装置における定盤近傍を示す概略平面図である。

【図18】2つのウエハステージを使ってウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行われている状態を示す平面図である。

【図19】図18のウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとの切り換えを行った状態を示す図である。

【図20】第2の実施形態の変形例を示す概略平面図である。

【図21】(A)は第1の加速度制御方法を採用した場合のレチクルステージの走査方向の速度指令値の時間変化を示す線図、(B)は図8(B)に対応するレチクルステージの走査方向の速度指令値の時間変化を示す線図、(C)は第2の加速度制御方法を採用した場合のレチクルステージの走査方向の速度指令値の時間変化を示す線図である。

【図22】(A)、(B)は、図21(A)、(B)にそれぞれ対応して整定時間 $T_s$ 近傍のレチクルステージの目標位置に対する位置誤差の時間変化を示す線図である。

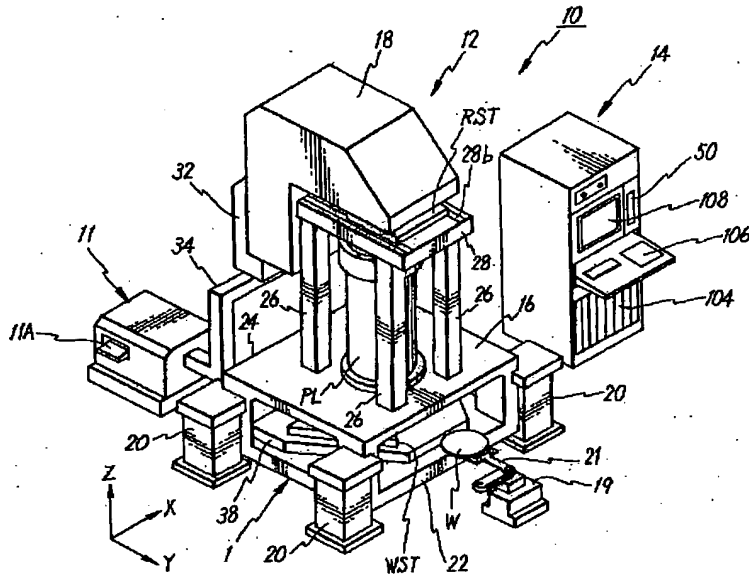
【符号の説明】

10…走査型露光装置（露光装置）、33…レチクルステージコントローラ（ステージ制御系の一部）、42a、42b…平面磁気浮上型リニアアクチュエータ（駆動装置）、44…平面磁気浮上型リニアアクチュエータ

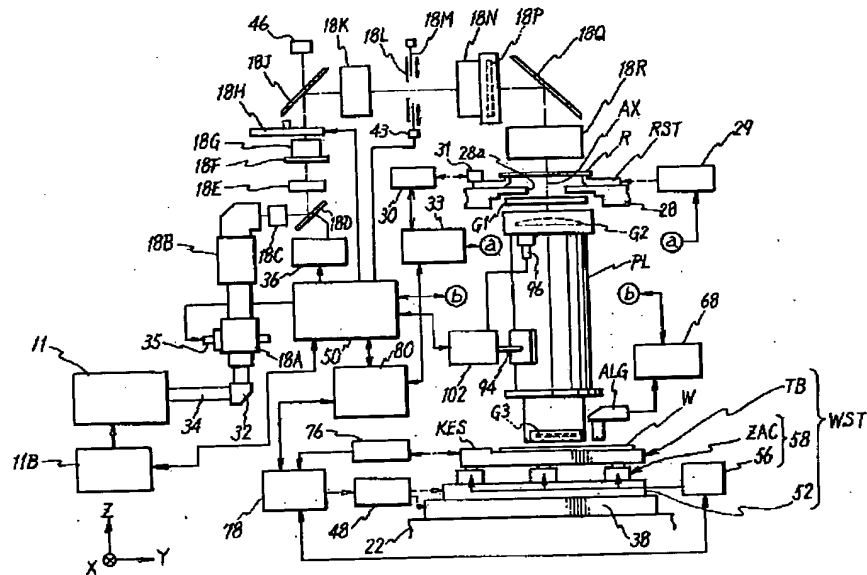
(第2の駆動装置)、66…同期制御系(ステージ制御系の一部)、78…ウエハステージコントローラ(ステージ制御系の一部)、80…同期制御系(ステージ制御系の一部)、101…ステージ装置、110…露光装置、138…可動型定盤(第2可動体)、W…ウエハ(基板、感応基板)、R…レチクル(マスク)、WST

…ウエハステージ(基板ステージ)、WST1、WST2…ウエハステージ(第1可動体)、RST…レチクルステージ(マスクステージ)、S1…ショット(第1区画領域、1つの区画領域)、S2…ショット(第2区画領域、別の区画領域)。

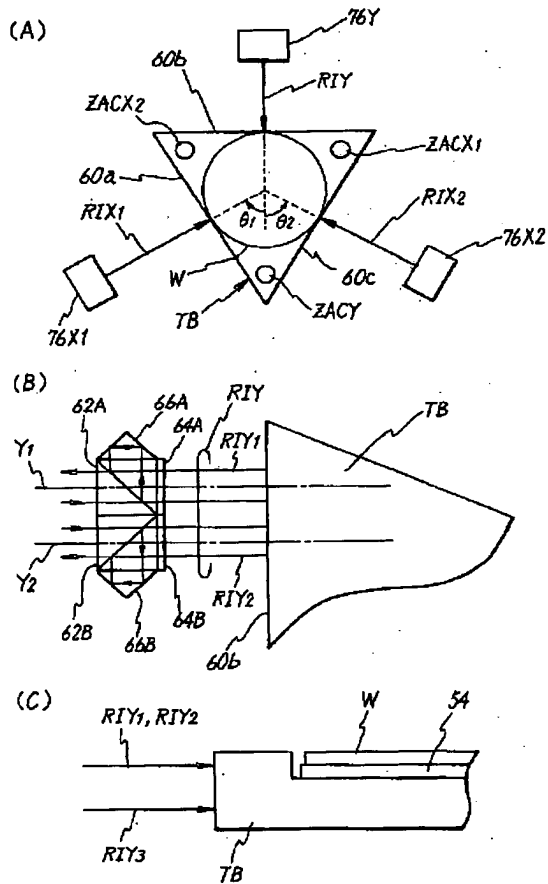
【図1】



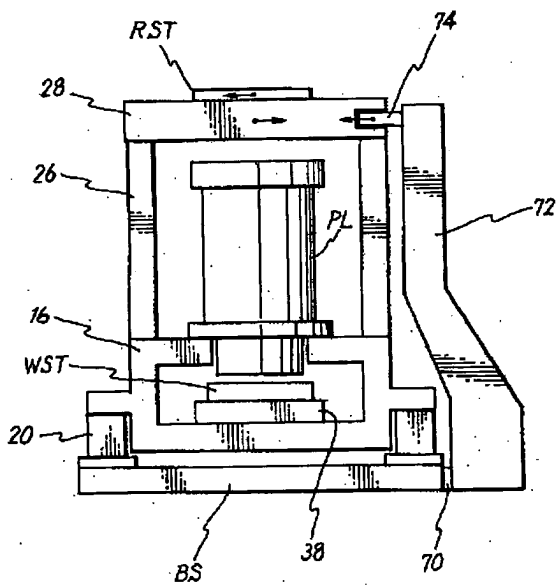
【図2】



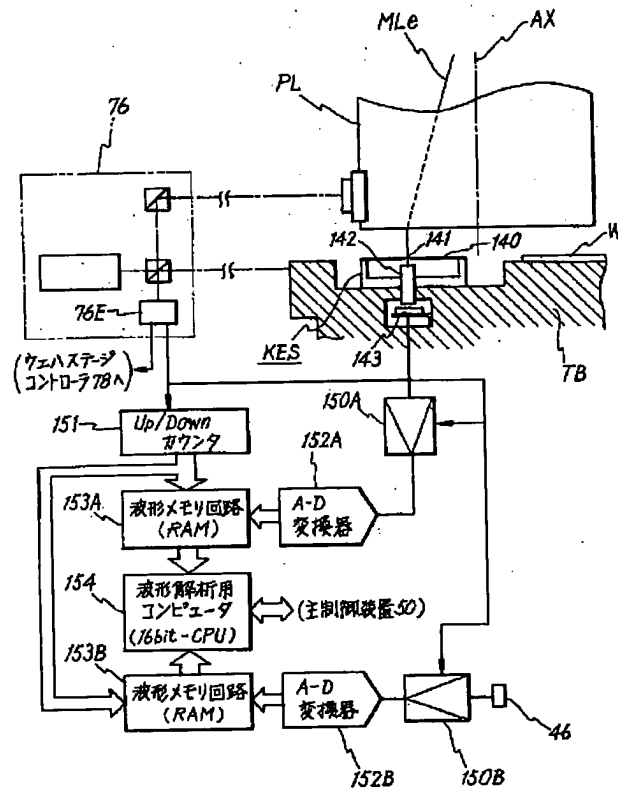
【図 3】



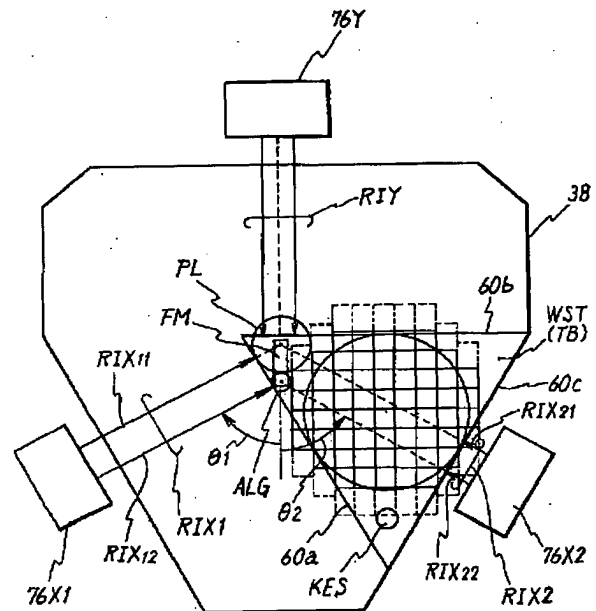
【図 6】



【図 4】

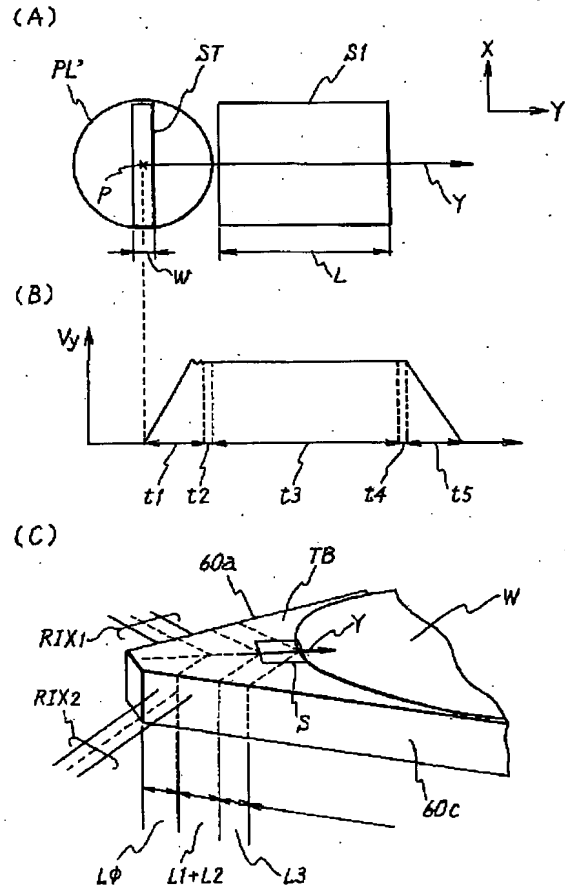


【図 9】

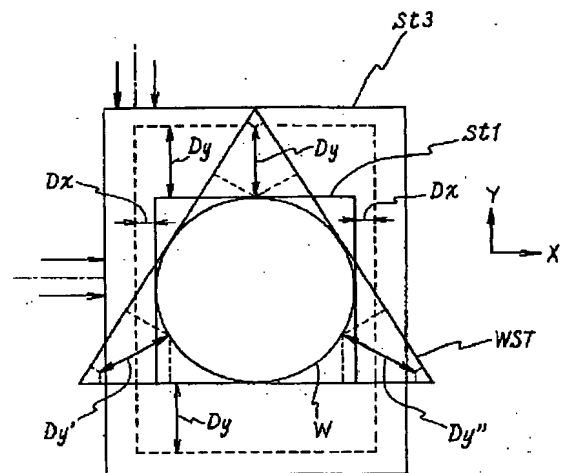




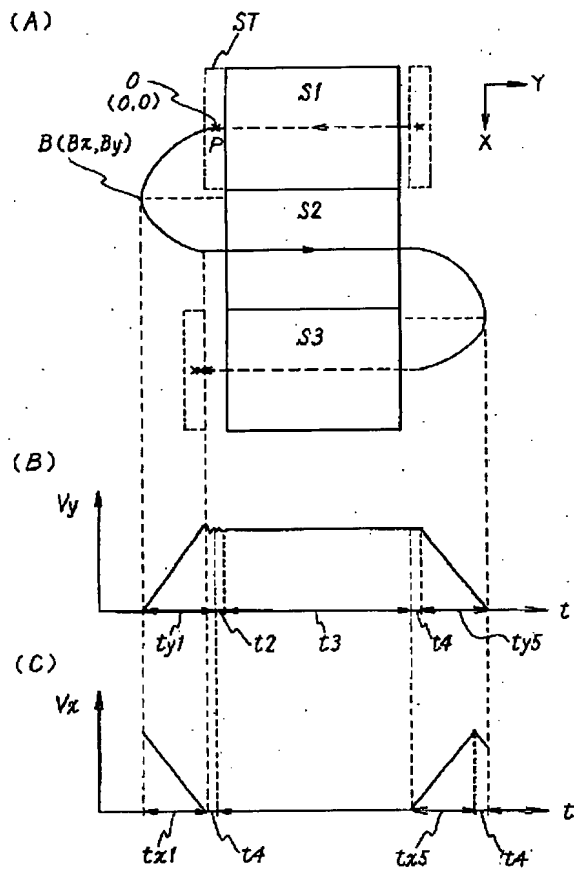
【図 7】



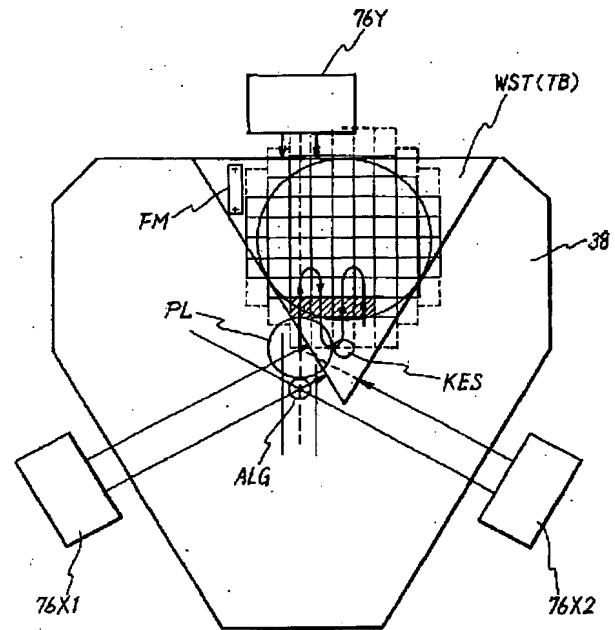
【图 13】



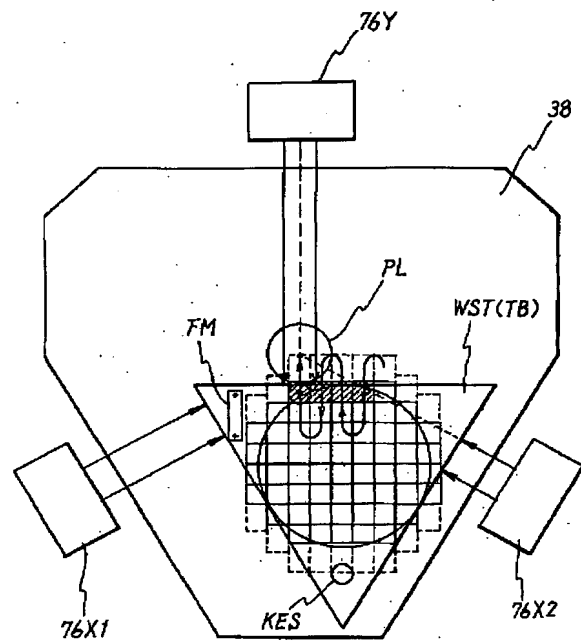
【図 8】



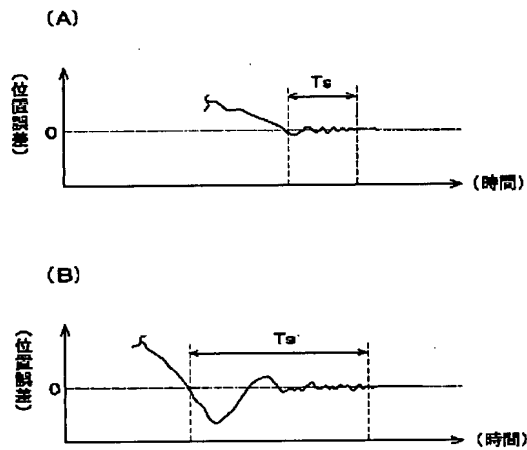
【図 11】



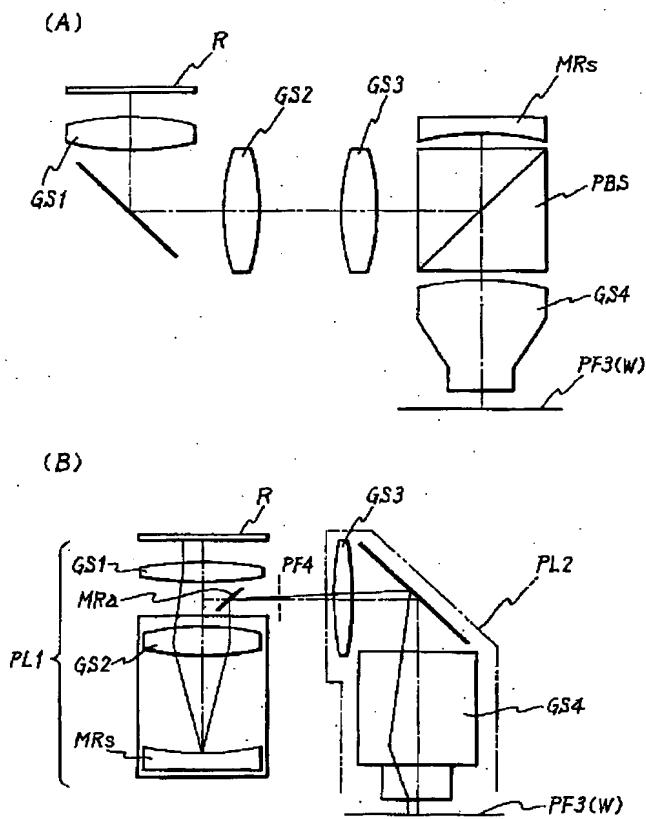
【図 12】



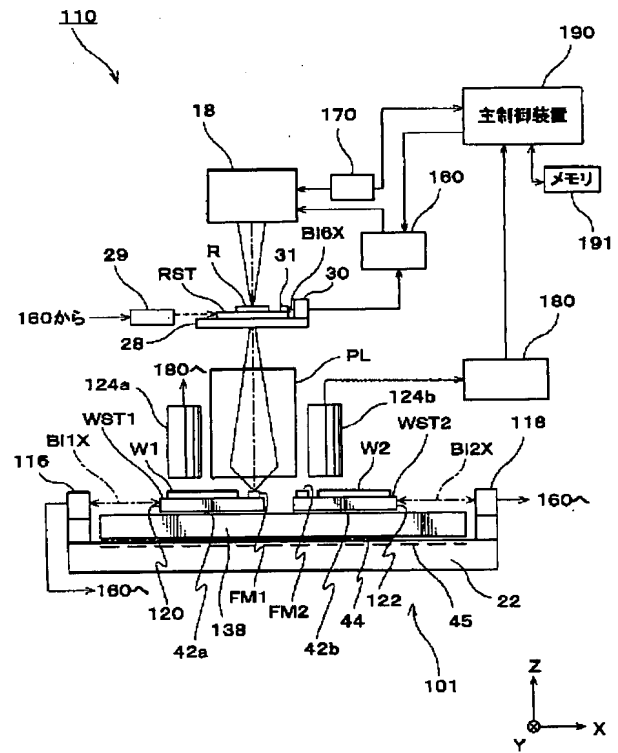
【図 22】



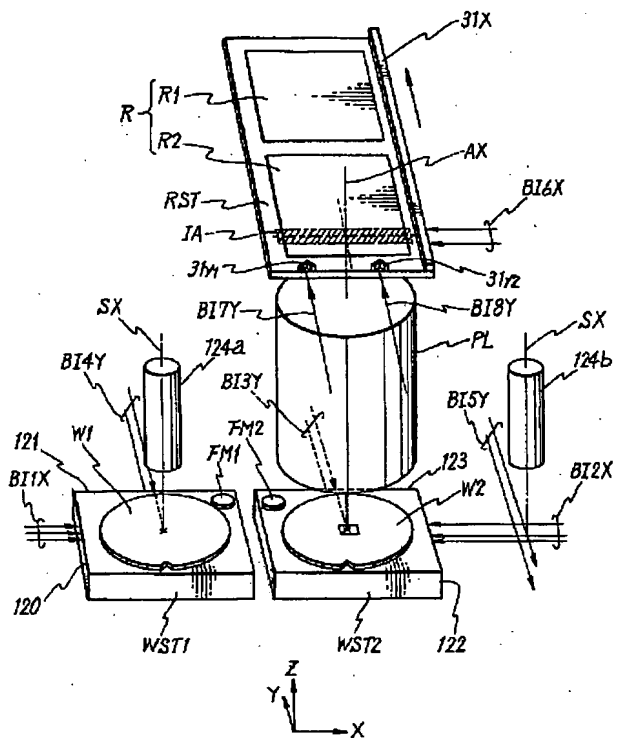
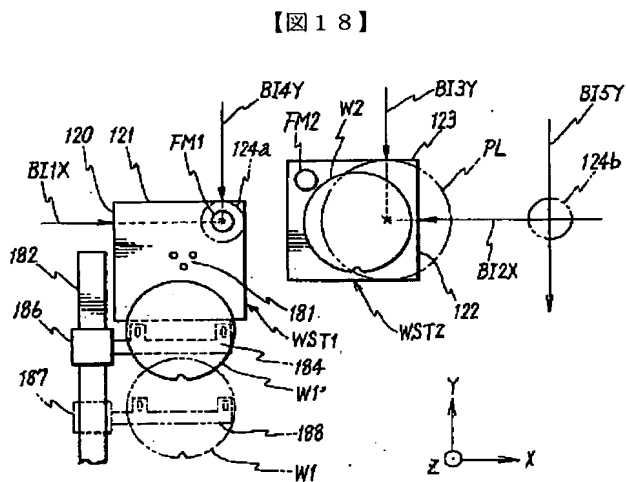
【図 14】



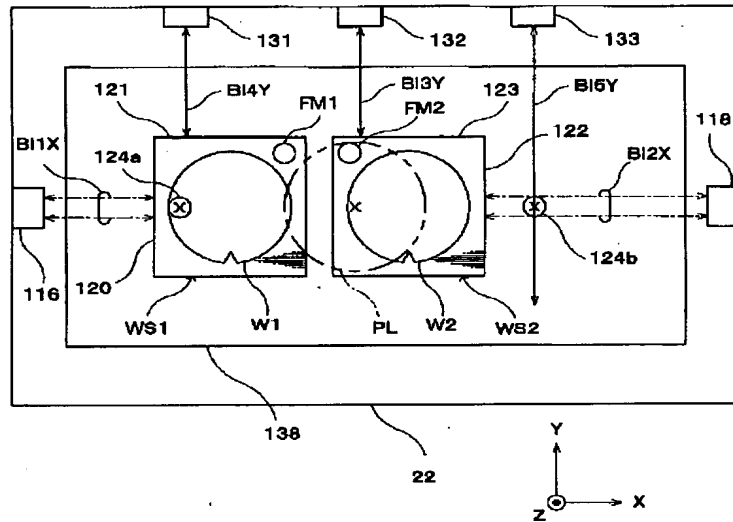
【図 15】



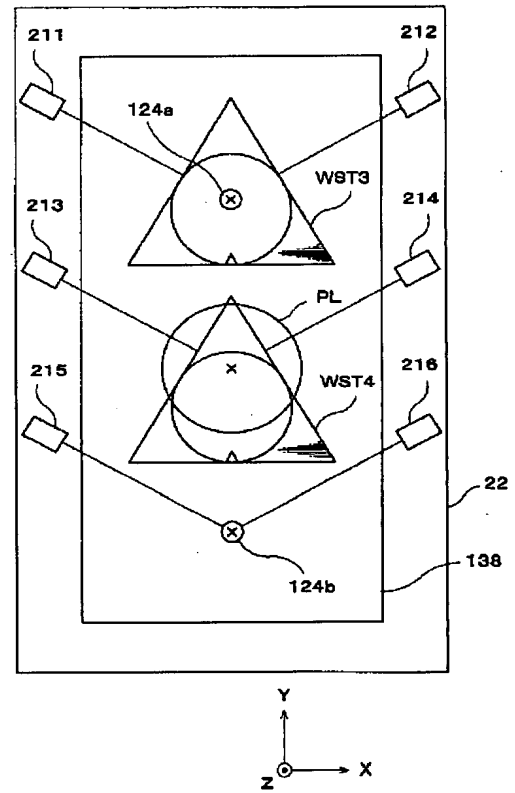
【図 16】



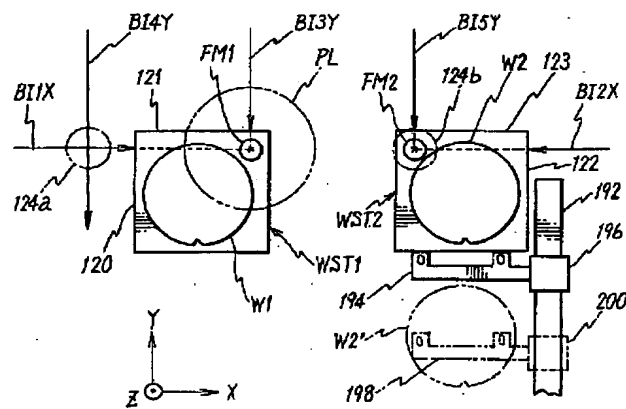
【図 17】



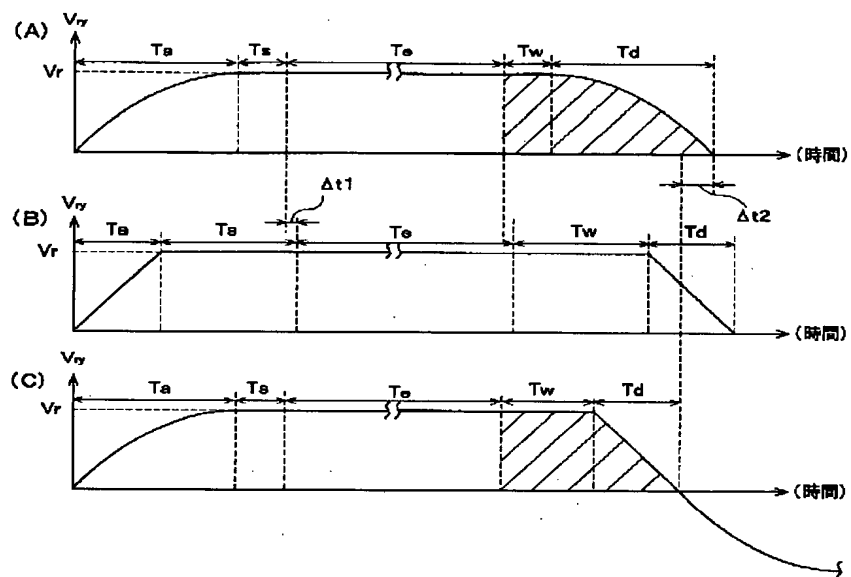
【図 20】



【図 19】



【図 21】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F046 AA11 BA04 BA05 CA04 CB01  
 CB02 CB05 CB08 CB13 CB22  
 CB23 CB25 CC01 CC02 CC03  
 CC06 CC13 CC16 CC18 CD04  
 CD06 DA01 DA02 DA05 DA13  
 DA14 DA27 DB01 DB05 DC02  
 DC10 DD01 DD03 DD06 EB01  
 EB03 ED02 FA03 FA05 FA06  
 FC05 FC08

[Claim 50]

A stage system equipped with:

a base plate;

at least two first movable bodies that are movable relative to said base plate, each holding a substrate;

a second movable body that is disposed on said base plate, having each of said first movable bodies disposed above, and moves relative to said base plate and said each first movable body, respectively; and

a drive unit that is installed on said second movable body and drives said each first movable body in a two-dimensional plane;

wherein the stage system is structured such that said second movable body moves in response to the reaction force accompanying drive of said each first movable body.

[Claim 51]

The stage system of claim 50, wherein

the mass of said each first movable body is roughly equal to or less than  $1/9$  of the mass of said second movable body,

the said stage system being further equipped with a second drive unit that drives said second movable body on said base plate at a low response frequency.

[Claim 52]

An exposure apparatus for transferring mask patterns onto a substrate equipped with the stage system described in claim 50 or 51, wherein

a substrate on which said mask patterns are transferred is held by said each first movable body composing said stage system.

[Claim 53]

The exposure apparatus of claim 52 further equipped with a projection optical unit for projecting said mask patterns onto said substrate, wherein

said drive unit composing said stage system drives, while said mask patterns are being transferred to substrates each held by said each first movable body, said first movable bodies for holding substrates that are subject to the pattern transfer, in synchronization with said mask in a scanning direction relative to said projection optical unit.

[Claim 54]

An exposure apparatus for transferring mask patterns onto each of first and second sub-fields disposed adjacent to each other on a substrate, wherein the exposure apparatus is equipped with a substrate stage for holding said substrate; and a first drive unit that differentiates between the absolute value of acceleration during acceleration of said substrate stage and that of deceleration, when said substrate stage moves between a first exposure performed onto said first sub-field and a second exposure performed onto said second sub-field.

[Claim 55]

The exposure apparatus of claim 54, wherein said first drive unit makes the absolute value of acceleration during said acceleration greater than that of said deceleration.

[Claim 56]

The exposure apparatus of claim 54 or 55 further equipped with a first base plate on which said substrate stage is disposed and a second base plate on which said first base plate is disposed, wherein said first base plate is structured to move relative to said substrate stage on said second base plate in response to the motion of said substrate stage.

[Claim 57]

The exposure apparatus of claim 56 further equipped with a second substrate stage disposed on said first base plate, wherein said first base plate is moved so as to offset a resultant of the reaction forces generated by the motions of said two substrate stages.

[Claim 58]

The exposure apparatus of claim 56 further equipped with a second substrate stage disposed on said first base plate, wherein said first base plate is moved so as to prevent a shift in the center of gravity position due to at least one of the motions of said two substrate stages.

[Claim 59]

The exposure apparatus of any of claims 56 through 58 further equipped with:  
a second drive unit for moving said first base plate relative to said second base plate; and  
a control unit that makes respective control response of said second drive unit variable among a plurality of operations, including the operation of the exposure of said substrate.

[Claim 60]

The exposure apparatus of claim 59, wherein  
said control unit sets a control response of said second drive unit such that it is possible to have a control in which said first base plate practically maintains its position relative to said second base plate, during said substrate stage motion between said first and second exposures.

[Claim 61]

The exposure apparatus of any of claims 54 through 60, wherein  
said first drive unit moves said substrate stage such that a plurality of sub-fields on said substrate is exposed by a step-and-repeat method or step-and-scan method.

[Claim 62]

The exposure apparatus of any of claims 54 through 61, wherein  
said first drive unit has a first planar magnetic levitation type linear actuator for driving said substrate stage in at least 3 degrees of freedom.

[Claim 63]

The exposure apparatus of any of claims 59 through 62, wherein  
said second drive unit has a second planar magnetic levitation type linear actuator for moving said first base plate relative to said second base plate.

[Claim 64]

An exposure apparatus for transferring mask patterns onto a substrate equipped with:  
a first base plate; a plurality of substrate stages, each disposed on said first base plate and each holding said substrate; a second base plate on which said first base plate is disposed; and a support unit for movably supporting said first base plate relative to said second base plate so as to restrain a shift in the center of gravity position due to at least one of the motions of said plurality of substrate stages.



[Claim 65]

The exposure apparatus of claim 64, wherein  
a first substrate stage of said plurality of substrate stages is moved such that said substrate is exposed by the step-and-repeat method or the step-and-scan method, and  
said support unit has a planar magnetic levitation type linear actuator for movably supporting said first base plate relative to said second base plate.

[Claim 66]

The exposure apparatus of claim 65, wherein  
a second substrate stage that is different from said first substrate stage is driven to execute operations other than the exposure operation during the operation of the exposure of a substrate on said first substrate stage.

[Claim 67]

The exposure apparatus of claim 66 further equipped with an alignment unit for detecting marks on said substrate, wherein  
a mark detection by said alignment unit or loading/unloading of said substrate is performed at said second substrate stage.

[Claim 68]

The exposure apparatus of any of claims 54 through 67, wherein  
said substrate stage has first and second reflecting surfaces that are disposed such that their elongated sides intersect, forming an acute angle, and  
the substrate stage is further equipped with first and second interferometers, each having a measuring axis that is orthogonal to said first and second reflecting surfaces, respectively.

[Claim 69]

The exposure apparatus of claim 68, wherein  
said first and second reflecting surfaces are disposed such that a trapezoid having both of these reflecting surfaces as its two sides other than the upside and base covers said substrate.

[Claim 70]

The exposure apparatus of claim 68 or 69, wherein

said first and second reflecting surfaces are each formed along two sides of a triangle that practically covers said substrate on said substrate stage.

[Claim 71]

The exposure apparatus of any of claims 68 through 70, wherein said first reflecting surface or said second reflecting surface is, with respect to its length in an elongated direction, determined to be substantially longer than an exposure field on said substrate.

[Claim 72]

The exposure apparatus of claim 71, wherein said exposure field includes the entire sub-fields on said substrate to which said mask patterns are transferred.

[Claim 73]

The exposure apparatus of any of claims 54 through 67 further equipped with:  
a mask stage for holding said mask; and  
a drive unit for synchronously moving said mask stage and said substrate stage in a first direction in order to transfer said mask patterns onto said substrate, wherein said substrate stage has a first reference plane for measurement that is elongated along the direction that intersects said first direction, in which said synchronized motion occurs, making an acute angle.

[Claim 74]

The exposure apparatus of claim 73, wherein said first reference plane for measurement is, with respect to its elongated direction, formed over practically the entire travel range of said substrate stage during the scanning exposure operation of said substrate.

[Claim 75]

The exposure apparatus of claim 73 or 74, wherein said first reference plane for measurement is, with respect to its length in the elongated direction, determined to be substantially longer than the exposure field on said substrate.

[Claim 76]     The exposure apparatus of claim 75, wherein

said exposure field includes the entire sub-fields on said substrate on which said mask patterns are transferred.

[Claim 77]

The exposure apparatus of any of claims 73 through 76 further equipped with a first interferometer having a measuring axis orthogonal to said first reference plane for measurement, wherein

the values measured by said first interferometer are used for a position control of said substrate stage with respect to at least a second direction between said first direction and a second direction orthogonal thereto.

[Claim 78]

The exposure apparatus of any of claims 73 through 77, wherein said substrate stage has a second reference plane for measurement that elongates in the second direction orthogonal to said first direction.

[Claim 79]

The exposure apparatus of claim 78 further equipped with a second interferometer having a measuring axis orthogonal to said second reference plane for measurement, wherein the values measured by said second interferometer are used for a position control of said substrate stage with respect to said first direction.

[Claim 80]

The exposure apparatus of any of claims 73 through 79, wherein said substrate stage intersects both said first direction as well as second direction orthogonal thereto and has a third reference plane for measurement in a direction different from said first reference plane for measurement.

[Claim 81]

The exposure apparatus of claim 80 equipped with a third interferometer having a measuring axis orthogonal to said third reference plane for measurement, wherein the values measured by said third interferometer are used for a position control of said substrate with respect to at least one direction of said first and second directions.

## Detailed Description of the Invention

[0070]

The stage system in accordance with the invention described in claim 50 is equipped with a base plate (22); at least two first movable bodies (WST1, WST2) movable relative to said base plate, each holding a substrate (W1, W2); a second movable body (138) disposed on said base plate, having each of said first movable bodies disposed above and moves respectively relative to said base plate and said each first movable body; and drive units (42a, 42b) that are installed on said second movable body and drive said each first movable body in a two-dimensional plane, and the stage system is structured such that said second movable body moves in response to the reaction force accompanying said drive of each movable body.

[0071]

Thereby, if one of the first movable bodies is driven by the drive unit, the second movable body moves in response to the reaction force of the driving force; thus offset load due to the shift of the center of gravity of the first movable body is cancelled by the shift of the center of gravity of the second movable body, and as a result, the center of gravity of the entire stage can be maintained at a predetermined position. Similarly, if a plurality of first movable bodies is driven simultaneously by the drive units, the reaction forces corresponding to the resultant of the driving force move the second movable body so as to cancel the offset load due to the center of gravity shift of the plurality of first movable bodies by the center of gravity shift of the second movable body; thus as a result, the center of gravity of the entire stage system can be maintained at a predetermined position. Consequently, it is no longer necessary to adjust the motions of the first movable bodies among themselves in order to prevent one first movable body's motion from acting upon other first movable bodies as a disturbance, hence not only the burden on the control is reduced but also the position controllability of each first movable body can be maintained high.

[0072]

In this case, as in the invention described in claim 51, the mass of said each first movable body (WST1, WST2) is roughly equal to or less than  $1/9$  of the mass of the said second movable body (138), and this allows it to be further equipped with a second drive unit (44) for driving said second movable body at a low response frequency on said base plate (22). In such a case, as described above, not only the center of gravity of the stage system

can be maintained at a predetermined position, when one of the first movable bodies is driven, for example, the distance that the second movable body travels in the opposite direction in response to the reaction force thereof can be reduced to equal to or less than 1/10. Moreover, since the second movable body is driven on the base plate by the second drive unit at a response frequency so low that it cannot respond to the reaction force during acceleration and deceleration of the first movable body, the second movable body can be driven without affecting the motion of said each first movable body.

[0073]

The invention described in claim 52 is an exposure apparatus for transferring mask patterns onto a substrate and is equipped with the stage described in claim 50 or 51, and the substrate to which said mask patterns are transferred is held by said each first movable body that composes said stage system.

[0074]

In this case, as in the invention described in claim 53, if it is further equipped with a projection optical unit for projecting said mask patterns onto said substrate, said drive unit composing said stage system may drive, in synchronization with said mask in a scanning direction relative to said projection optical unit, said first movable body for holding the substrate subject to the pattern transfer, while said mask patterns are being transferred onto the substrate held by said each first movable body.

[0075]

The invention described in claim 54 is an exposure apparatus for transferring patterns of a mask (R) onto each of first and second sub-fields (S1 and S2) disposed adjacent to each other on a substrate (W or W1), and it is equipped with a substrate stage (WST, WST1 or WST3) for holding said substrate and first drive units ((42, 78) or (42a, 160)) that differentiate between the absolute value of acceleration during acceleration of said substrate stage and that of deceleration, when said substrate stage moves between a first exposure performed onto said first sub-field and a second exposure performed onto said second sub-field.

[0076]

Thereby the substrate stage is driven by the first drive unit in order to change a position on the substrate to which mask patterns are transferred, between the first exposure performed onto the first sub-field and the second exposure performed onto said second

sub-field on the substrate. At this time, the first drive unit is such that the absolute values of the acceleration of the substrate stage between acceleration and deceleration are set to be different. Therefore, with the first drive unit, by appropriately setting the absolute value of acceleration during acceleration and the absolute value of acceleration during deceleration at the time of the substrate stage motion between the first exposure performed onto the first sub-field and the second exposure performed onto the second sub-field, a control of the substrate stage motion, such as reduction of the total time required for the motion of the substrate stage including the settling time for positioning, becomes possible by reducing the settling time required for positioning of the substrate upon completion of the motion, as compared to the case where the absolute values of acceleration between acceleration and deceleration are identical.

[0077]

In this case, as in the invention described in claim 55, it is desirable for said first drive unit ((42, 78) or (42a, 160)) to set the absolute value of acceleration greater during said acceleration than during said deceleration. In such a case, by setting the absolute value of a negative acceleration during deceleration of the substrate stage before the start of the second scanning exposure to be small, effectively damping the vibration of the substrate stage at the completion of the motion, and reducing the settling time for positioning, the second exposure can be started immediately after the completion of the motion. Moreover, by setting the absolute value of acceleration during acceleration of the substrate stage upon completion of the first exposure to be greater, an unnecessarily prolonged travel time can be avoided. Consequently, the total time, including the travel time and settling time for positioning of the substrate stage, can be reduced, and the throughput can be improved additionally.

[0078]

The exposure apparatus according to respective invention described in the aforementioned claims 54 and 55 may be, as in the invention described in claim 56, further equipped with a first base plate (38 or 138) on which said substrate stage is disposed (WST, WST1 or WST3); and a second base plate (22) on which said first base plate is disposed, and it can be structured such that said first base plate moves relative to said substrate stage on said second base plate in response to the motion of said substrate stage. In such a case, when the substrate stage moves, the first base plate moves on the second base plate relative to the substrate stage in response thereto; hence offset load and reaction force accompanying a shift in the center of gravity of the substrate stage can be

cancelled by a shift in the center of gravity of the first base plate, whereby the center of gravity of the entire system, including the substrate stage, first base plate and second base plate, can be maintained at a predetermined position.

[0079]

In this case, as in the invention described in the claim 57, if it is further equipped with a second substrate stage (WST2 or WST4) that is disposed on said first base plate (138), it is desirable to move said first base plate so as to cancel a resultant of the reaction forces generated by the motions of said two substrate stages (WST1, WST2 or WST3, WST4). In such a case, if two substrate stages are driven simultaneously, the first base plate is driven so as to cancel a resultant of the reaction forces generated by the motions. In other words, the first base plate moves so as to cancel the reaction forces accompanying the motions of the two substrate stages, hence as a result, the center of gravity of the entire system, including the two substrate stages, first base plate and second base plate, can be maintained at a predetermined position. Consequently, it is no longer necessary to adjust the motions of the substrate stages among themselves in order to prevent one substrate stage's motion from acting upon the other substrate stage as a disturbance, hence not only the burden on the control is reduced but also the position controllability of each substrate stage can be maintained high.

[0080]

In the exposure apparatus of claim 56 above, as in the invention described in claim 58, if it is further equipped with the second substrate stage (WST2 or WST4) that is disposed on said first base plate (138), said first base plate can be moved so as to prevent a change in the center of gravity position due to at least one of the motions of said two substrate stages (WST1, WST2 or WST3, WST4). In such a case, when one of the substrate stages moves, the first base plate moves in response to the reaction force accompanying the motion and thereby cancels offset load due to a shift in the center of gravity of the substrate stage by a shift in the center of gravity of the first base plate; hence as a result, the center of gravity of the entire system, including the two substrate stages, first base plate as well as second base plate, can be maintained at a predetermined position. Similarly, if the two substrate stages are driven simultaneously, by the reaction force corresponding to the resultant of the driving force, the first base plate moves so as to cancel offset load due to a shift in the center of gravity of the two substrate stages by a shift in the center of gravity of the first base plate; hence as a result, the center of gravity

of the entire system, including the two substrate stages, first base plate as well as second base plate, can be maintained at a predetermined position.

[0081]

In the exposure apparatus according to each invention described in the aforementioned claims 56 through 58, as in the invention described in claim 59, it may be further equipped with a second drive unit (44) for moving said first base plate (138) relative to said second base plate (22) and a control unit (160) that makes respective control response of said second drive unit (44) variable among a plurality of operations, including the operation of the exposure of said substrate. In such a case, for example during the operations in which a position control of the substrate stage needs to be done with high accuracy, e.g., during exposure as well as alignment, because the first base needs to move in response to the reaction force accompanying the motion of the substrate stage, the control unit sets a control response of the second drive unit such that it cannot follow the drive of the substrate stage by the first drive unit. On the other hand, during the operations that do not require a position control of the substrate to be done with such high accuracy, the control unit sets the control response of the second drive unit such that the first base plate practically maintains the position relative to the second base plate without being affected by the motion of the substrate stage. Thereby the stroke required for the first base plate can be reduced.

[0082]

In this case, as in the invention described in claim 60, said control unit (160) may set the control response of said second drive unit (44) such that it is possible to achieve a control in which said first base plate (138) practically maintains its position relative to said second base plate (22), during said substrate stage motion between said first and second exposures.

[0083]

In the exposure apparatus according to each invention described in the aforementioned claims 54 through 60, as in the invention of claim 61, said first drive unit ((42, 78) or (42a, 160)) may drive said substrate stage so that said plurality of sub-fields on the substrate is exposed by the step-and-repeat method or the step-and-scan method. In other words, in the case of an exposure apparatus of such successive motion type, stepping of the substrate stage (positioning of the substrate stage relative to the position of the mask pattern transfer (in the case of the step-and-repeat method)) or a movement of the



substrate stage to the starting position of scanning for transferring of mask patterns on to each sub-field on the substrate (in the case of the step-and-scan method) is repeatedly performed; hence the above described improvement in position controllability of the substrate stage contributes to reduction of the overall exposure time in great proportion.

[0084]

In the exposure apparatus of the aforementioned claims 54 through 61, as in the invention described in claim 62, said first drive unit may have a first planar magnetic levitation type linear actuator (42 or 42a, 42b) for driving said substrate stage at least in 3 degrees of freedom. Here, if the first planar magnetic levitation type linear actuator drives the substrate stage in, for example, 3 degrees of freedom in a travel plane, the position and orientation of the substrate stage in 6 degrees of freedom can be controlled by incorporating appropriate Z/tilt mechanisms. Moreover, if the first planar magnetic levitation type linear actuator drives the substrate stage in 6 degrees of freedom, because said first planar magnetic levitation type linear actuator enables a control of the position and orientation of the substrate stage in 6 degrees of freedom, the structure of the substrate stage can be simplified and its weight can be reduced by composing the substrate stage with a simple plate type member and so forth.

[0085]

In the exposure apparatus according to each invention described in the aforementioned claims 59 through 62, as in the invention of claim 63, said second drive unit may have a second planar magnetic levitation type linear actuator (44) that moves said first base plate (138) relative to said second base plate (22).

[0086]

The invention of claim 64 is an exposure apparatus for transferring patterns on a mask (R) onto substrates (W1, W2), and it is equipped with the first base plate (138); plurality of substrate stages (WST1, WST2 or WST3, WST4) each holding said substrate each disposed on said first base plate; the second base plate (22) on which said first base plate is disposed; and support unit (44) for movably supporting said first base plate relative to said second base plate so as to restrain a shift in the center of gravity position due to at least one of the motions of said multiple substrate stages. In such a case, if one of the substrate stages moves, the first base plate supported by the support unit moves in response to the reaction force accompanying the motion, and thereby cancels offset load due to a shift in the center of gravity of the substrate stage by a shift in the center of

gravity of the first base plate, hence as a result, the center of gravity of the entire system, including the multiple substrate stages, first base plate as well as second base plate can be maintained at a predetermined position. Similarly, if the plurality of substrate stages moves simultaneously, a resultant of the reaction forces generated by the motion of each substrate stage moves the first base plate supported by the support unit so as to cancel the offset load due to the center of gravity shift of the plurality of substrate stages by the center of gravity shift of the first base plate; thus as a result, the center of gravity of the entire stage system, including the plurality of substrate stages, first base plate as well as second base plate, can be maintained at a predetermined position. Consequently, it is no longer necessary to adjust the motions of the substrate stages among themselves in order to prevent one substrate stage's motion from acting upon other substrate stages as a disturbance, whereby not only the burden on the control is reduced but also the position controllability of each substrate stage can be maintained high.

[0087]

In this case, as in the invention described in claim 65, if the first substrate stage (WST1 or WST3) of said plurality of substrate stages is moved such that said substrate (W1) is exposed by the step-and-repeat method or step-and-scan method, said support unit may have a planar magnetic levitation type linear actuator that movably supports said first base plate (138) relative to said second base plate (22). In the case of such successive motion type, stepping of the first substrate stage (positioning of the first substrate stage relative to the position of the mask pattern transfer (in the case of the step-and-repeat method)) or a movement of the first substrate stage to the starting position of scanning for the transfer of mask patterns on to each sub-field on the substrate (in the case of the step-and-scan method) is repeatedly performed; hence the above described improvement in position controllability of the first substrate stage contributes to reduction of the overall exposure time in great proportion.

[0088]

In this case, as in the invention described in claim 66, during the exposure operation of a substrate (W1) on said first substrate stage (WST1 or WST3), the second substrate stage (WST2 or WST4) that is different from said first substrate stage may be driven so as to perform operations other than the exposure operation. In such a case, since the exposure operation and operations other than the exposure can be processed simultaneously in parallel on the first substrate stage and the second substrate stage, the overall throughput

can be improved. Moreover, the operation of the first substrate stage does not act upon the second substrate stage as a disturbance.

[0089]

In this case, during the exposure of the substrate on the first substrate stage, as in the invention described in claim 67, it may be further equipped with alignment units (124a, 124b) for detecting marks on said substrate, and at said second substrate stage (WST2 or WST4), a mark detection by said alignment units or loading/unloading of said substrate may be executed.

[Embodiment of the Invention]

[First Embodiment]

Based on FIGs. 1 through 14, the first embodiment of the present invention is explained.

[0103]

FIG. 1 shows a perspective view of a scanning type exposure apparatus 10 of the first embodiment of the exposure apparatus in accordance with the present invention, and FIG. 2 shows its internal structure schematically. This scanning type exposure apparatus 10 is a projection exposure apparatus for performing the exposure operation by the step-and-scan method, which is now becoming mainstream as a lithographic instrument for manufacturing semiconductor devices. This scanning type exposure apparatus 10 transfers an entire circuit pattern of the reticle R onto each of a plurality of shot fields on the wafer W by the step-and-scan method by relatively scanning the reticle R and the wafer W in a one-dimensional direction (Y direction herein) relative to a field of view of the projection optical unit PL, while projecting an image of a portion of a circuit pattern delineated on the reticle R (see FIG. 2) as a mask onto the wafer W as a photosensitive substrate (or substrate) through the projection optical unit PL.

[0104]

This scanning type exposure apparatus 10, as shown in FIG. 1, comprises an excimer laser light source 11, an exposure apparatus main body 12, and a control rack 14 as a main control system for a general control of them. The excimer laser light source 11 is normally installed in a separate room (a service room with a low level of cleanness) isolated from an ultra clean room where the exposure apparatus main body 12 is installed. Moreover, the exposure apparatus main body 12 is normally installed in an ultra clean room and stored in an environmental chamber that is temperature-controlled

with high accuracy and highly dustproof inside its inner space, but FIG. 1 only shows a schematic view of the main body structure in this chamber.

[0105]

Next, based on FIGs.1 and 2, structures of the excimer laser light source 11, the exposure apparatus main body 12 and the control rack 14 are explained.

[0106]

Said excimer laser light source 11 is equipped with a console 11A. The excimer laser light source also has a built-in computer for control 11B (not shown in FIG. 1; see FIG. 2) that is interfaced with said console 11A, and during the normal exposure motion, this computer for control 11B controls pulse emission from the excimer laser light source 11 in response to a command from a main control system 50 comprising minicomputer(s) for controlling the exposure apparatus.

[0107]

The excimer laser light source 11 is used as an exposure light source and emits, for example, pulsed KrF excimer laser light with a 248 nm wavelength or ArF excimer laser light with a 193nm wavelength. Here, pulsed laser light of the ultraviolet range (hereinafter referred to appropriately as “excimer laser light,” “pulsed illumination light,” or “pulsed ultraviolet light”) from the excimer laser light source 11 is used as illumination light for exposure for the purpose of obtaining pattern resolution of 0.25 to 0.10 $\mu$ m minimum linewidth, that is required for mass production of microcircuit devices having a degree of integration and fineness adequate for 256M to 4Gbit class semiconductor memory devices (D-RAM).

[0108]

The spectral bandwidth of the pulsed laser light (excimer laser light) is narrowed to contain chromatic aberrations caused by various dioptric elements composing the illumination unit and the projection optical unit PL of the exposure apparatus within latitude. An absolute value of the central emission wavelength subject to bandwidth-narrowing and a value of the line-narrowed bandwidth (between 0.2pm and 300pm) are not only displayed on said console 11A but also can be finely adjusted as necessary from said console 11A. Moreover, pulse emission modes (typically, three modes of self-excitation oscillation, external trigger oscillation and oscillation for maintenance) can be set from the console 11A.

[0109]

Examples of the exposure apparatus that uses excimer lasers as their light source are disclosed in Unexamined Patents S57-198631, H1- 259533, H2-135723, H2-294013, etc., and examples of the exposure apparatus that uses an excimer laser light source for the step-and-scan exposure are disclosed in Unexamined Patents H2-229423, H6-132195, H7-142354 and so forth. Hence the basic technologies disclosed in each of the above mentioned Unexamined Patents can be applied as they are or by partially modifying them in the scanning type exposure apparatus 10 of FIG. 1 as well.

[0110]

Said exposure apparatus main body 12 is equipped with a pedestal part 16, a reticle stage RST, an illumination optical unit 18, a projection optical unit PL, an LC/MAC unit, a stage system 1, a wafer loading robot 19 and an alignment unit and so forth.

[0111]

Describing this further in detail, the pedestal part (a first pedestal) 16 is supported through four vibration isolation systems 20 on a floor surface as shown in FIG. 1. Each vibration isolation system 20 not only supports the dead load of the exposure apparatus main body 12 through an air cylinder (a vibration isolation pad), not shown, but is also equipped with actuators and various sensors for actively compensating a tilt of the entire exposure apparatus main body 12, a displacement in the Z direction, and displacements in the X and Y directions in FIG. 1 of the entire exposure apparatus main body by a feedback control or feedforward control by the control system, not shown. This type of active vibration isolation system is disclosed, for example, in Unexamined Patent H9-74061, etc.

[0112]

The pedestal part 16 is equipped with the base plate 22, which is parallel to the floor surface, and a supporting plate 24, which is facing and installed above this base plate 22, and it has a shape of a box with its inside hollowed out. The supporting plate 24 comprises a rectangular plate member with a circular opening in the center, and the projection optical unit PL is inserted through this central opening, maintaining the position orthogonal to said supporting plate unit 24. Additionally, this projection optical unit PL is held by the supporting plate 24 through a flange installed at a part of the periphery.

[0113]

Standing on the top surface of the supporting plate 24 in the way to surround the projection optical unit PL is a four-leg part 26. Installed on top of this four-leg part is a reticle base base plate 28 supported by said four-leg part 26 connecting the upper ends of these legs with one another. This four-leg part 26 and the reticle base base plate 28 comprise a second column (second pedestal).

[0114]

On the top surface of the reticle base base plate 28, a guide 28b is elongated along the Y direction (first axis direction, first direction). Moreover, an opening 28a (see FIG. 2) is formed in the center of the reticle base base plate 28. The tip of the emission part of the illumination optical unit 18 is disposed in the manner facing this opening 28a.

[0115]

Disposed on top of the reticle base base plate 28 is said reticle stage RST that moves in the Y direction along the guide 28b while holding a reticle R by chucking. This reticle stage RST is driven by linear motors and so forth that compose the drive unit 29 (see FIG. 2), and this reticle stage RST is structured such that it can move in a straight line in the Y direction with a large stroke on the reticle base base plate 28 and also can be driven with a very small stroke in the X direction (second axis direction, second direction) and the direction by a voice coil motor (VCM), piezo device and so forth.

[0116]

At one section of the reticle stage RST, as shown in FIG.2, a moving mirror 31 is mounted for reflecting a measuring beam from a reticle laser interferometer 30 for measuring its position and an amount of travel. Here, in reality, the reticle laser interferometer has a reticle Y interferometer for the Y direction (scan direction) position measurement, a reticle X interferometer for the X direction position measurement and a reticle interferometer for the direction (rotation direction) position measurement, and a respective moving mirror corresponding to each interferometer is fixedly attached on the reticle stage RST; however, in FIG. 2, they are collectively shown as the reticle laser interferometer 30 and the moving mirror 3. Additionally, although measurements of the reticle stage RST in the X, Y and directions are respectively performed by the above mentioned three reticle interferometers, in the explanations hereinafter, for convenience'

sake, the X, Y and direction measurements are considered to be performed simultaneously and individually by the laser interferometer 30.

[0117]

Position information (or velocity information) of the reticle stage RST (i.e. the reticle R) measured by the interferometer 30 is sent to a reticle stage controller 33. The reticle stage controller 33 basically controls the drive unit 29 (linear motor, voice coil motor, piezo motor, etc.) for moving the reticle stage RST so that the position information (or velocity information) outputted from the interferometer 30 agrees with command values (target position, target velocity).

[0118]

Said illumination optical unit 18 has, as shown in FIG. 1, a beam receiver 32 stored on its rear side, and is connected to the excimer laser light source 11 through a BMU (beam matching unit) that is comprised of this beam receiver 32 and a light shielding tube 34 connected thereto. Installed inside the beam receiver 32 that composes the BMU is a plurality of movable reflective mirrors (not shown) for optimally adjusting an entrance position and an incident angle of the excimer laser light on the illumination optical unit 18 so that the excimer laser light guided through the tube 34 from the excimer laser light source 11 is always incident on a predetermined position relative to the optical axis of the illumination optical unit 18.

[0141]

Next, the stage system 1 is explained. This stage system 1, as shown in FIGs. 1 and 2, is equipped with the base plate 22 that composes said pedestal part (first column) 16; the movable type base plate 38 supported on the base plate 22 to be relatively movable in the XY plane; and the wafer stage WST as a substrate stage supported on this movable type base plate 38 to be relatively movable to said movable type base plate 38 in the XY plane.

[0142]

The wafer stage WST is levitated by a first planar magnetic levitation type linear actuator 42 (see FIG. 5 (B)) installed on the movable type base plate 38 under the projection optical unit PL, and is also such that it is driven freely in the XY two-dimensional plane that is orthogonal to the optical axis AX of the projection optical unit PL. Additionally, the movable type base plate 38 is, similarly to the wafer stage WST, levitated by a

second planar magnetic levitation type linear actuator 44 (see FIG. 5 (B)) installed on the base plate 22, and is also such that it is driven freely in the XY two-dimensional plane. Incidentally, in FIG. 2, the above described planar magnetic levitation type linear actuators 42 and 44 are collectively shown as a drive unit 48 in the figures for reasons of convenience for illustration. This drive unit 48, i.e., the planar magnetic levitation type linear actuators 42 and 44, is such that it is controlled by a wafer stage controller 78. A control method for the movable type base plate 38 and its role are later described in detail.

[0143]

Said wafer stage WST is, as shown in FIG. 1, equipped with a moving stage 52 as a second plate that is freely movable in the XY two-dimensional plane on the movable type base plate 38, a leveling drive mechanism 58 as a drive mechanism mounted on this moving stage 52, and a substrate table TB as a first plate for holding a wafer W being supported by this leveling drive mechanism 58.

[0144]

The moving stage 52 is formed to be an equilateral triangle in the present embodiment, and is disposed on the movable type base plate 38 with one of its end surface facing the direction orthogonal to the Y-axis direction (first direction, first axis direction), which is the scanning direction of the reticle stage RST.

[0145]

Said substrate table TB is formed to be an equilateral triangle identical with the movable stage 52 and is supported, in the manner that it overlaps the movable table 52 in a plan view, by three actuators ZAC that compose a leveling drive mechanism 58. On this substrate table TB, a practically circular wafer holder 54 (see FIG. 3 (C)) is installed, and the wafer W is electrostatically chucked to this wafer holder 54 to be held with its flatness corrected. This wafer holder 54 is temperature-controlled to suppress expansion deformation due to heat accumulated during exposure of the wafer W.

[0146]

Said leveling drive mechanism 58 supports the substrate table TB at the vicinity of each of three vertexes of the equilateral triangle, and is comprised of: three actuators (such as piezo and voice coil motors) ZACX1, ZACX2 and ZACY (see FIG. 3 (A)) that are independently drivable in the Z direction perpendicular to the XY plane at each



supporting point; and an actuator control unit 56 for driving the substrate table TB with a fine motion in the optical axis AX direction (Z direction) by independently controlling these three actuators ZACX1, ZACX2 and ZACY, as well as for tilting the substrate table TB relative to the XY plane. Drive commands to the actuator control unit 56 are outputted from the wafer stage controller 78.

[0147]

Incidentally, though not illustrated in FIG. 2, a focus/leveling sensor for detecting deviation (focus error) and a tilt (leveling error) in the Z direction between an imaging plane of the projection optical unit PL and the wafer W surface is installed in the vicinity of the projection optical unit PL, and the wafer stage controller 78 outputs drive commands to the actuator control unit 56 in response to a focus error signal and leveling error signal from the sensor. An example of such focus/leveling detection system is disclosed in detail in Unexamined Patent H7-201699.

[0148]

The position of the wafer stage WST, i.e., the substrate table TB, in the direction of each interferometer beam in FIG. 3 (A) is successively measured by a laser interferometer system 76 shown in FIG. 2, and the position information is sent to the wafer stage controller 78. The wafer stage controller 78 finds an XY coordinate position by a predetermined calculation and sends the drive unit 48 a command signal for driving the wafer stage WST based on the obtained coordinate position and target position information as to where it should be positioned.

[0149]

Here, a specific structure of the above mentioned laser interferometer system 76 is described in detail using FIGs. 3 (A) through (C).

[0150]

FIG. 3 (A) shows a first through third interferometers, 76X1, 76Y and 76X2 as well as the interferometer beams from these three interferometers, RIX1, RIY and RIX2, in conjunction with the substrate table TB in a plan view.

[0151]

As evident from this FIG. 3 (A), according to the present embodiment, the substrate table TB is formed to be an equilateral triangle in a plan view, and its respective three sides

has a mirror finish to form a first through third reflecting surfaces, 60a, 60b and 60c. Additionally, the second interferometer 76Y is such that it measures the Y-axis direction position (or velocity) of the substrate table TB by emitting the interferometer beam RIY for the Y-axis direction (first axis direction) that is a scanning direction, perpendicularly to the second reflecting surface 60b, and then receiving the reflected beam. Additionally, the first interferometer 76X1 is such that it measures the position (or velocity) in the third-axis direction that is the direction of the interferometer beam RIX1 by emitting the interferometer beam RIX1 in the direction tilted by a predetermined angle 1 (1 is equal to  $-60^\circ$  here) relative to the Y-axis direction, perpendicularly to the first reflecting surface 60a and then receiving the reflected beam. Similarly, the third interferometer 76X2 is such that it measures the position (or velocity) in the fourth-axis direction that is the direction of the interferometer beam RIX2 by emitting the interferometer beam RIX2 in the direction tilted by a predetermined angle 2 (2 is equal to  $+60^\circ$  here) relative to the Y-axis direction, perpendicularly to the third reflecting surface 60c and then receiving the reflected beam.

[0174]

Furthermore, in the scanning type exposure apparatus 10 of the present embodiment, a synchronization control system 80 for synchronously moving the reticle stage RST and the wafer stage WST is installed in the control unit. When the reticle stage RST and the wafer stage WST are synchronously moved, especially during the scanning exposure, this synchronization control system 80 monitors in real time the status of each position and velocity of the reticle R and the wafer W that are measured by the reticle laser interferometer 30 and the interferometer system 76, and controls so that their mutual relations are as predetermined, in order to link the control of the drive unit 29 by the reticle stage controller 33 to the control of the drive unit 48 by the wafer stage controller 78. This synchronization control system 80 is controlled by various commands and parameters from the main control system 50.

[0175]

Furthermore, in the scanning type exposure apparatus 10 of the present embodiment, though not illustrated in FIGs. 1 and 2, in reality during the scanning exposure, in accordance with acceleration/deceleration  $A_r$  generated at the time of the prescan and overscan before and after the constant velocity motion of the reticle stage RST of a mass  $R_m$ , the reaction actuator 74 is installed in order to prevent a reaction force  $-A_r \times R_m$

from being transmitted from the reticle stage RST of a mass  $R_m$  to the pedestal part 16 through the leg part 26.

[0176]

This reaction actuator 74 is, as shown in FIG. 6, supported by a reaction frame 72 that is roughly positioned by an elastic body 70 relative to a base board BS for supporting the pedestal part 16, and is disposed at practically the same height as the center of gravity determined by the weight of the reticle stage RST and the reticle base plate 28 and so forth.

[0177]

In reality, a pair of reaction actuators on the left and right, 74L and 74R, is installed as the reaction actuator 74, but they are collectively shown in FIG. 6 as the reaction actuator 74. This reaction actuator 74 is such that it is controlled by the control unit not shown to provide the reticle base base plate 28 with a counter-force to the reaction force so as to cancel a lateral shift and rotation of the aforementioned center of gravity during acceleration and deceleration of the reticle stage RST, and it thereby prevents vibrations accompanying acceleration and deceleration of the reticle from being transmitted to the pedestal part 16 through the foot unit 26.

[0178]

It is fair to say that the necessity and effectiveness of such reaction actuator is higher when a linear motor or two-dimensional magnetic levitation type linear actuator and so forth is used as compared to the case where a lead screw type reticle stage is used.

[187]

Next, the role of the movable type base plate 38 and a control method thereof are explained, referring to FIGs. 5 (A) and (B). FIG. 5 (A) shows a schematic plan view of the vicinity of the base plate 22, and FIG. 5 (B) shows a schematic front view viewed from the direction of an arrow A. Shown in FIG. 5 (A) is a distance which the movable type base plate 38 moves due to the reaction force transmitted to the movable type base plate 38 accompanying acceleration and deceleration of the wafer stage WST when it moves by the distance indicated with an arrow B.

[188]

Stretched around on top of the movable type base plate 38 in the XY two-dimensional direction is a plurality of coils (not shown) composing the planar magnetic levitation type linear actuator 42, in conjunction with permanent magnets not shown in the figure that are installed on the bottom surface (base) of the wafer stage WST. And the wafer stage WST is structured such that it is levitated above the movable base plate 38 by the planar magnetic levitation type linear actuator 42, and in addition is driven in any two-dimensional direction by controlling the current that is passed through said coils.

[189]

Similarly, stretched around on top of the base plate 22 in the XY two-dimensional direction is a plurality of coils (not shown) composing the planar magnetic levitation type linear actuator 44, in conjunction with permanent magnets not shown in the figure that are installed on the bottom surface (base) of the movable type base plate 38. And the movable type base 38 is structured such that it is levitated above the base plate 22 by the planar magnetic levitation type linear actuator 44, and in addition is driven in any two-dimensional direction by controlling the current that is passed through said coils.

[190]

In this case, because the wafer stage WST and the movable type base plate 38, or the movable type base plate 38 and the base plate 22, are not in contact, respectively, friction between them is very small, whereby the law of conservation of momentum holds for the entire system, including the wafer stage WST and the movable type base plate 38.

[0191]

Consequently, if the mass of the wafer stage WST is  $m$ , the mass of the movable type base plate 38 is  $M$ , and the wafer stage WST moves at a velocity  $v$  relative to the movable type base plate 38, in accordance with the law of conservation of momentum, the movable type base plate 38 moves in the direction opposite thereto at a velocity of  $V = mv/(M+m)$  relative to the base plate 12. At the same time, since acceleration is a time differential of velocity, if the wafer stage WST moves at acceleration  $a$  (when force  $F = ma$  is in effect), the movable type base plate 38 is subject to the acceleration  $A = ma/(M+m)$  in the opposite direction due to the reaction force of the force  $F$ .

[0192]

In this case, since the wafer stage WST is mounted on the movable type base plate 38, said wafer stage WST moves at a velocity of  $v \times (1 - m/(M+m))$ , hence at the acceleration

of a  $\times (1-m/(M+m))$  relative to the base plate 22. Because of this, if the mass  $m$  (weight  $mg$ ) of the wafer stage WST and the mass  $M$  (weight  $Mg$ ) of the movable type base plate 38 are close, desired acceleration and the maximum velocity of the wafer stage WST cannot be obtained. Additionally, since the travel distance is proportional to the velocity, the amount of the travel of the movable type base plate 38 increases and thereby worsens the footprint.

[0193]

For example, if  $m:M = 1:4$ , when a 300mm wafer stage WST needs to be moved to expose an entire surface of a 12 inch wafer, according to said equation  $V=mv/(M+m)$ , a stroke of 60mm, which is 1/5 of 300mm, needs to be ensured for the movable type base plate 38.

[0194]

Therefore, in the present embodiment, in order to suppress the worsening of the wafer stage acceleration, maximum velocity and footprint within an order of magnitude, the ratio between the mass  $m$  of the wafer stage WST and the Mass  $M$  of the movable type base plate 38 is set to be  $m:M = 1:9$  or less, that is, the weight of the wafer stage WST is set to be equal to or less than 1/9 of the weight of the movable type base plate 38.

[0195]

Moreover, in order to reduce the stroke required for the movable type base plate 38, the wafer stage controller 78 makes control responses to the planar magnetic levitation type linear actuator 44 for driving movable type base plate 38 variable between exposure and alignment and other operations.

[0196]

This will be explained in greater detail. During exposure, the wafer stage WST and the reticle stage RST move in synchronization, but if the control response to the planar magnetic levitation type linear actuator 44 for driving the movable type base plate 38 is controlled at several Hz, it can hardly follow the reaction force to the movable type base plate 38 of the planar magnetic levitation type linear actuator 44 for driving the wafer stage WST that is controlled at several tens of Hz, and according to the law of conservation of momentum, the movable type base plate 38 absorbs the reaction force by freely moving, whereby the effect by the reaction force does not reach the outside.

[0197]

Moreover, the wafer stage controller 78 is such that, if the exposure apparatus main body 12 is tilted as a whole due to changes in the positions of the reticle stage RST and the wafer stage WST, a low frequency position displacement where the movable type base plate 38 moves in its tilt direction can be prevented by controlling the control response of the planar magnetic levitation type linear actuator 44 at several Hz.

[0198]

Moreover, even if it is set to be  $m:M=1:9$ , if the wafer stage moves in full by 300mm, the movable type base plate 38 also moves by about 30mm in the opposite direction; however, since the stepping length in a non-scanning direction during shot exposures is about 30mm at most, the movement of the movable type base plate 38 at that time is about 3mm. Therefore in the present embodiment, the wafer stage controller 78 is such that, during deceleration of the wafer stage (during stepping acceleration in the non-scanning direction) after scanning exposure, which does not affect the synchronization control performance, it increases the response frequency of the planar magnetic levitation type linear actuator 44 for driving the movable type base plate 38, in the direction identical to the stepping, up to several tens of Hz, and by a feedback control using a linear encoder 45 (see FIG. 5 (B)) as a position measurement system for detecting a position of the movable type base plate 38 in the XY directions relative to the base plate 22, it controls the movable type base plate 38 to return to its original pre-stepping position. Thereby an amount of travel of the movable type base plate 38 can be reduced (see a virtual line 38' in FIG. 5 (A)), and furthermore, since the movable type base plate 38 and the base plate 22 can be assumed to be fixed during that time, both wafer acceleration and the maximum velocity can be improved by 10%.

[0199]

This kind of control method can be used in the same manner to motions of the wafer stage WST between alignments and also to the loading position for wafer exchange.

[0200]

Moreover, although air pads for preventing high frequency vibrations such as floor vibration, as well as a linear actuator for removing accompanying low frequency vibrations, are mounted on the vibration isolation system 20 which supports the pedestal part 16, there are times when the system gets slightly tilted because of the positions of reticle stage RST and the wafer stage WST. In this case, it is necessary to correct the tilt

by continuously applying a predetermined voltage to said linear actuators that compose the vibration isolation system 20, but since load is constantly applied to the actuators, it would shorten the life of actuator parts. In such a case, in the present embodiment, the wafer stage controller 78 moves the movable type base plate 38 by a predetermined amount as described above, restrains the center of gravity of the entire system, and thereby corrects the tilt of the system so that no load is imposed on the linear actuators, whereby the life of actuator parts are prolonged.

[0201]

Through various contrivances as described above, in the present embodiment, the shape of the movable type base plate 38 as well as its travel range are made to be a triangle without vertices, as shown with a solid line as well as a virtual line in FIG. 5 (A), in accordance with the shape and the travel range of the wafer stage WST. In this case, the scanning direction of the wafer stage WST is the vertical direction on the paper in FIG. 5 (A). In the present embodiment, the base plate 22 is formed to be practically a square, and four vibration isolation systems 20 for supporting thereof are disposed to form a quadrangle in order to increase the stiffness; however, in order to use the space efficiently, the shape of the base plate 22 can be made into the same shape as the one shown with a virtual line 38' in FIG. 5 (A), and the vibration isolation systems 20 can be disposed at three points shown with a dotted line 20' in FIG. 5 (A). This will clearly make it possible to improve the footprint. Provided, however, in this case, the stiffness of the vibration isolation systems needs to be increased.

[0252]

Moreover, since the movable type base plate 38 to which a drive unit for driving the wafer stage WST is installed is structured to move in response to the reaction force accompanying acceleration and deceleration during the motion of the wafer stage WST, it is possible to cancel offset load due to a shift in the center of gravity of the wafer stage WST by a shift in the center of gravity of the movable type base plate 38, whereby not only the load imposed on the vibration isolation systems 20 can be reduced but also body distortion due to the offset load can be contained to a minimum; hence positioning accuracy of the reticle R and the wafer W can be improved.

[0253]

Moreover, said movable type base plate 38 is capable of controlling the drive at a response frequency of several Hz, and it controls the drive so as to cancel the reaction

force during acceleration and deceleration of the motion wafer stage WST (by allowing to move freely); and since it is also capable of controlling at said response frequency so that the movable type base plate 38 would not move in any direction depending on the orientation of the stage (offset load), offset load due to variation in the reticle position or changes in the environment can be prevented.

[0254]

Furthermore, since the weight of the wafer stage WST is set to be equal to or less than  $1/9$  of the weight of the movable type base plate 38, the distance that the movable type base plate 38 moves in response to the reaction force accompanying acceleration and deceleration of the motion of the wafer stage WST becomes equal to or less than  $1/10$  of the travel distance of the wafer stage WST; hence a travel range required for the movable type base plate 38 can be set small.

[0255]

Moreover, the response frequency of the movable type base plate 38 prior to exposure and alignment in which position control accuracy is required, and response frequencies of others are made to be variable, and the position of the movable type base plate 38 is monitored by the linear encoder 45 in two directions; in addition, the position of the movable type base plate 38 is corrected to a predetermined position during the drive operations other than exposure and alignment in which position control precision is required, whereby the distance the movable type base plate 38 moves in the opposite direction in reaction to wafer acceleration and deceleration can be reduced by an order of magnitude or more. In other words, not only it is possible to control with high precision during exposure and alignment but also possible to reset the position of the movable type base plate 38 at any position under other conditions; and thereby the footprint can be reduced.

[0267]

[Second embodiment]

Next, a second embodiment of the present invention is explained based on FIGs. 15 through 19.

[0268]

FIG. 15 shows a schematic structure of an exposure apparatus 110 according to the second embodiment. Here, the same symbols are used for parts that are identical as or



equivalent to those in the first embodiment, and their explanations are either simplified or omitted. This exposure apparatus 110 is a projection exposure apparatus of a scanning exposure type, which is known as the step-and-scan method.

[0269]

This exposure apparatus 110 is equipped with a stage system 101 provided with two square wafer stages WST1 and WST2 as first movable bodies that move independently in the two-dimensional directions, each holding a wafer W1 and wafer W2 as a substrate; a projection optical unit PL disposed above the stage system 101; a reticle drive mechanism for driving the reticle R as a mask above the projection optical unit PL mainly in a predetermined scanning direction, which is the Y-axis direction here (a direction orthogonal to the paper in FIG. 15); an illumination optical unit 18 for irradiating the reticle R from the above; and a control unit for controlling these units, etc.

[0270]

Said stage system 101 is equipped with the base plate 22 that compose said pedestal part (first column) 16; a rectangular movable type base plate 138 as the second movable body supported to be relatively movable in an XY plane on the base plate 22; said two wafer stages WST1 and WST 2 that are movably supported relative to the movable base 138 in an XY plane on this movable type base plate 138; and an interferometer system for measuring positions of the wafer stages WST1 and WST2. As the movable type base plate 138, the same structure as that of the previously described movable type base plate 38 of the first embodiment is used. Incidentally, the role of this movable type base plate 138 and so forth will be further described later.

[0271]

The wafer stages WST1 and WST2 are each levitated by respective planar magnetic levitation type linear actuators 42a and 42b as a drive unit installed on the movable type base plate 138 under the projection optical unit PL, and are also such that they are driven mutually independently in the XY two-dimensional plane that is orthogonal to the optical axis AX of the projection optical unit PL. Moreover, similarly to the wafer stages WST1 and WST2, the movable type base plate 138 is levitated by the planar magnetic levitation type linear actuator 44 as the second drive unit installed on the base plate 22, and is also such that it is driven freely in the XY two-dimensional plane. Incidentally, the planar magnetic levitation type linear actuators 42a, 42b and 44 are contrived to be controlled by a stage control unit 160 shown in FIG. 15.

[0272]

On top of said wafer stages WST1 and WST2, the wafers W1 and W2 are fixedly chucked either electrostatically or by vacuum through a wafer holder not shown. The wafer holder is such that it is driven at very small motions in the Z-axis direction that is orthogonal to the XY plane as well as the direction (a rotation direction about the Z-axis) by a Z/ drive mechanism not shown. Moreover, on the top surfaces of the wafer stages WST1 and WST2, reference mark plates FM1 and FM2 with various reference marks formed thereon are installed to be practically at the same height as the wafers W1 and W2. These reference mark plates FM1 and FM2 are, for example, used for detecting a reference position for each wafer stage.

[0295]

Moreover, in the present second embodiment, as described later, while one of the wafer stages WST1 and WST2 is executing the exposure sequence, the other is executing wafer exchange and wafer alignment sequences, and at that time, motions of the wafer stages WST1 and WST2 are controlled by the stage control unit 160 according to commands from the main control system 190 based on values outputted from each interferometer so that these two stages would not interfere with each other.

[0296]

Next, the role of the movable type base plate 138 and control method thereof and so forth are briefly explained. This movable type base plate 138 basically has a role equivalent to that of the aforementioned movable type base plate 38 of said first embodiment and is controlled by the stage control unit 160 in a similar manner.

[0297]

In other words, on the top surface of the movable type base plate 138, a plurality of coils (not illustrated) that composes the planar magnetic levitation type linear actuators 42a and 42b, in conjunction with permanent magnets not shown but installed on the bottom surface of the wafer stages WST1 and WST2, is stretched around in the XY two-dimensional directions. Additionally, the wafer stages WST1 and WST2 are levitated above the movable type base plate 138 by the planar magnetic levitation type linear actuators 42a and 42b, and are structured such that they are driven independently in any two dimensional direction by controlling the current that is passed through the coils which each of wafer stages WST1 and WST2 faces among said coils.

[0298]

Similarly to the movable type base plate 38 of the first embodiment, the movable type base plate 138 is levitated above the base plate 22 by the planar magnetic levitation type linear actuator 44, and is structured such that it is driven in any two-dimensional direction by controlling the current that is passed through said coils.

[0299]

In this case, because the wafer stages WST1, WST2 and the movable type base plate 138, or the movable type base plate 138 and the base plate 22 are not in contact, friction between them is very small; and as a result, the law of conservation of momentum holds for the entire system, including the wafer stages WST1, WST2 and the movable type base plate 138. It is because, in the case where one of the wafer stages WST1 and WST2 moves, it is exactly the same as the above described first embodiment, and in the case where the wafer stages WST1 and WST2 move simultaneously, the movable type base plate 138 moves by the reaction force corresponding to a resultant of the driving forces of these stages.

[0300]

Also in the present second embodiment, similarly to the aforementioned first embodiment, in order to keep the worsening of the wafer stage acceleration, maximum velocity and footprint to be within an order of magnitude, the ratio between the mass  $m$  of the wafer stages WST1 and WST 2 and the mass  $M$  of the movable type base plate 138 is set to be  $m:M=1:9$  or less, i.e., the weight of the wafer stages WST1 and WST2 is set to be equal to or less than  $1/9$  of the weight of the movable type base plate 138. Incidentally, if the mass is different between the wafer stage WST1 and the wafer stage WST2, the mass of the lighter wafer stage can be used as a reference, and the mass of the movable type base plate 138 can be set to be at least about 9 times greater than that mass.

[0301]

Moreover, in order to decrease the stroke required for the movable type base plate 138, the stage control unit 160 makes the control responses of the planar magnetic levitation type linear actuator 44 for driving the movable type base plate 138 variable between exposure and alignment and other operations.

[0302]

Consequently, although the wafer stage WST1 or WST2 moves in synchronization with the reticle stage RST during exposure, if the control response of the planar magnetic levitation type linear actuator 44 for driving the movable type base plate 138 is controlled at several Hz, it can hardly follow the reaction force to the movable type base plate 138 of the planar magnetic levitation type linear actuators 42a, 42b for driving the wafer stages WST, WST2, that are controlled at several tens of Hz, and according to the law of conservation of momentum, the movable type base plate 138 absorbs the reaction force by freely moving, whereby the effect of the reaction force does not reach the outside.

[0303]

Moreover, the stage controller 160 is such that, if the exposure apparatus main body 12 is tilted as a whole due to changes in the positions of the reticle stage RST and the wafer stages WST1 and WST2, a low frequency position displacement in which the movable type base plate 138 moves in the tilt direction can be prevented by controlling the control response of the planar magnetic levitation type linear actuator 44 at several Hz.

[0304]

Moreover, in the present embodiment, by a feedback control using the linear encoder 45 (see FIG. 15) as a position measurement system for detecting a position of a relative motion of the movable type base plate 138 relative to the base plate 22 in the XY directions, similarly to the above mentioned first embodiment, the stage control unit 160 is contrived such that, at a predetermined timing, it reduces a travel amount of the movable type base plate 138 (to maintain it practically at a predetermined position) by increasing the response frequency of the planar magnetic levitation type linear actuator 44 for driving the movable type base plate 138 to several tens of Hz.

[0337]

As in the present embodiment, when different operations are performed simultaneously in parallel using the two wafer stages WST1 and WST2, there is a possibility that an operation performed at one of the stages might have an effect (disturbance) on an operation of the other. In such a case, in the exposure apparatus described in the above-mentioned Unexamined Patent H10-163098, the control operation was complicated because the timing of the operations performed on the two wafer stages WST1 and WST2 disclosed in FIGs. 11 through 13 and explanations in the same publication needed to be adjusted.

[0338]

On the contrary, in the present embodiment, because the wafer stages WST1 and WST2 are disposed on the base plate 22 through the movable type base plate 138 as mentioned before, if one of the wafer stages (WST1 or WST2) is driven by the planar magnetic levitation type linear actuator 42a or 42b, the movable type base plate 138 moves in response to the reaction force of the driving force and thereby cancels offset load due to a shift in the center of gravity of the wafer stage (WST1 or WST2) by a shift in the center of gravity of the movable type base plate 138; hence as a result, the center of gravity of the entire stage system 101 can be maintained at a predetermined position; and in addition, if the wafer stages WST1 and WST2 are simultaneously driven by the planar magnetic levitation type linear actuators 42a and 42b, the movable type base plate 138 moves so as to cancel offset load due to a shift in the center of gravity of wafer stages WST1 and WST2 caused by the reaction force corresponding to a resultant of the driving forces by a shift in the center of gravity of movable type base plate 138; hence as a result, the center of gravity of the entire stage system 101 can be maintained at a predetermined position. Consequently, it is no longer necessary to adjust the motions of wafer stages between themselves in order to prevent the motion of one of the wafer stages WST1 and WST2 from acting upon the other as a disturbance, hence not only the burden on the control is reduced but also the position controllability of wafer stage can be maintained high.

[0346]

Moreover, the above described second embodiment explains the case where wafer stages WST1 and WST2 as first movable bodies composing the stage system 101 are driven by the planar magnetic levitation type linear actuator; however, the stage system in accordance with the present invention is not limited to this; hence a normal linear motor and so forth is also acceptable as a drive unit for driving each first movable body.